

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

INGENIERÍA TÉCNICA MECÁNICA

PROYECTO FIN DE CARRERA



CÁLCULO DE ASCENSORES
HIDRÁULICOS SEGÚN NORMATIVA
EN 81-2

AUTOR: RAÚL PADILLA CABRERA

TUTORES: LUIS MIGUEL SÁNCHEZ GARCÍA
MARIA-CRISTINA MARIANESCU

JULIO, 2011

Dedicado a todos los que durante
este tiempo han esperado
pacientemente la terminación de
este proyecto

1. INTRODUCCIÓN..... 8

1.1. Presentación del proyecto y motivación8

1.2. Objetivos.....12

1.3. Estructura del proyecto.....13

1.4. Estructura del documento.....18

1.5. Hardware y Software utilizados en el proyecto20

2. ASCENSORES HIDRÁULICOS 23

2.1. Historia del ascensor23

2.1.1. El inventor23

2.1.2 El Ascensor Desde La Antigüedad24

2.2 Definición.25

3. ANÁLISIS Y DISEÑO 37

3.1. Etapas37

3.2. Diagrama de funciones de la aplicación39

3.3. Estructura de la base de datos.....41

3.3.1. TABLA “GUÍAS”41

3.3.2. TABLA “CABLES”42

3.3.3. TABLA “OPERADORES”42

3.3.4. TABLA “OPERADOR PRECIO”43

3.3.5. TABLA “SUPERFICIE CABINA RESIDENCIAL”43

3.3.6. TABLA “SUPERFICIE CABINA INDUSTRIAL”43

3.3.7. TABLA “CENTRAL PISTONES SIMPLES”44

3.3.8. TABLA “POTENCIAS PISTONES SIMPLES”44

3.3.9. TABLA “CENTRAL PISTONES TELESCÓPICOS”45

3.3.10. TABLA “POTENCIAS PISTONES TELESCÓPICOS” ...46

3.3.11. TABLA “PÉRDIDAS DE CARGA”46

3.3.12.	TABLA “ESPESOR PISTONES”	47
3.3.13.	TABLA “CHASIS”.....	47
3.3.14.	TABLA “POLEAS”	47
3.3.15.	TABLA “SIGMA_PER”	48
3.3.16.	TABLA “PRECIOS”	48
3.3.17.	TABLA “COEFICIENTE INTERCAMBIO TÉRMICO PISTÓN SIMPLE (A2)”	48
3.3.18.	TABLA “COEFICIENTE INTERCAMBIO TÉRMICO CENTRAL (A1)”	49
3.3.19.	TABLA “COEFICIENTE INTERCAMBIO TÉRMICO PISTÓN TELESCÓPICO 2 ETAPAS (A2)”	49
3.3.20.	TABLA “COEFICIENTE INTERCAMBIO TÉRMICO CONDUCCIÓN (A3)”.....	50
3.3.21.	TABLA “COEFICIENTE INTERCAMBIO TÉRMICO PISTÓN TELESCÓPICO 3 ETAPAS (A2)”	50
3.3.22.	TABLA “OMEGA370”	51
3.3.23.	TABLA “OMEGA520”	51
3.3.24.	TABLA “OPCIONES DE PROGRAMA”	52
3.3.25.	TABLA “PISTONES SIMPLES”	52
3.3.26.	TABLA “PISTONES TELESCÓPICOS 2 ETAPAS”	54
3.3.27.	TABLA “PISTONES TELESCÓPICOS 2 ETAPAS SINCRONIZACIÓN HIDRAÚLICA”	55
3.3.28.	TABLA “PISTONES TELESCÓPICOS 3 ETAPAS”	56
3.3.29.	TABLA “PISTONES TELESCÓPICOS 3 ETAPAS SINCRONIZACIÓN HIDRAÚLICA”	57
3.4.	FLUJO DE PROGRAMA.....	58
4.	NORMATIVA.....	68
4.1.	Objeto y campo de aplicación.....	68
4.2.	Cálculo de guías.	70
4.2.1.	Esfuerzos de flexión	71

4.2.2. Esfuerzos de pandeo	79
4.2.3. Torsión de la base de guía.....	86
4.2.4. Cálculo de flechas.	87
4.2.5. Relación de variables usadas en el cálculo de guías	89
4.3. Cálculo de los cables de suspensión.	90
4.4. Cálculo de pistones	93
4.4.1. Pistones simples.....	93
4.4.1.1. Cálculo de resistencia a presión.....	94
4.4.1.2. Cálculo a pandeo.....	101
4.4.2. Pistones telescópicos de 2 y 3 etapas (expansiones)	103
4.4.2.1. Cálculo de resistencia a presión.....	103
4.4.2.1. Cálculo a pandeo.....	104
4.4.3. Cálculo de los volúmenes de aceite.....	107
4.5. Cálculo de la central de presión.	108
4.6. Cálculo del desplazamiento del vástago.	112
4.7. Balance térmico de la instalación.....	114
 5. CASO PRÁCTICO: APLICACIÓN A UN CASO REAL	116
 6. CONCLUSIONES.....	127
 7. AMPLIACIONES FUTURAS	129
 8. PRESUPUESTO.	130
 9. BIBLIOGRAFÍA.....	133
 ANEXO I. MANUAL DE USUARIO DEL PROGRAMA: ASCENSOR HIDRÁULICO 1.0	135

ANEXO II. TABLAS DE DATOS.....	164
II.1.Perfiles de guía tipo T	164
II.2.Datos de superficies útiles de cabina	165
II.3. Tabla omega para acero de resistencia 370 N/mm²	166
II.4. Tabla omega para acero de resistencia 520 N/mm²	167
II.5. Cables de acero de suspensión (sólo pistones simples).....	168
II.6.Tablas de poleas para cabezal.	168
II.7.Tabla de pesos de los operadores	169
II.8.Pistones simples.	170
II.9.Pistones telescópicos 2 etapas	172
II.10.Pistones telescópicos 3 etapas	173

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN



1. INTRODUCCIÓN

Damos comienzo a este proyecto con una breve presentación del mismo, así como las razones que han llevado a su realización y los objetivos que se persiguen con su desarrollo.

1.1. Presentación del proyecto y motivación

El proyecto que a continuación se presenta consiste en el cálculo de un ascensor hidráulico según la normativa vigente. Para facilitar la recopilación de datos para el cálculo y el propio cálculo del ascensor, se ha intentado automatizar el proceso creando una herramienta informática que guíe a un usuario con mínimos conocimientos en la obtención de resultados que puedan ser empleados en un proyecto real que necesite del cumplimiento de los requisitos impuestos por una normativa existente. Debido a la gran variabilidad existente en cuanto a dimensiones de los huecos proyectados para la instalación de un ascensor, así como las diferentes especificaciones técnicas en cuanto a velocidades de desplazamiento, cargas útiles o disposición de la cabina respecto a sus guías, se hace necesario cambiar el proceso de diseño manual por un proceso informatizado que elimina gran parte de la rutina consistente en mirar gráficas, tablas y fórmulas para cada caso determinado. Por supuesto, la gran ayuda que supone esta automatización es precisamente la de realizar cálculos rápidamente cambiando algunas o todas las variables de diseño de las que dispone esta herramienta informática.

Esta herramienta pretende ofrecer al proyectista de ascensores hidráulicos los cálculos y resultados necesarios a la hora de dimensionar una instalación de este tipo. El programa intenta ser ameno para el usuario y requiere de pocos conocimientos para sacarle un rendimiento adecuado y comprender su funcionamiento y los resultados que de él se obtienen. Se pretende que con las ayudas visuales que se presentan en pantalla

acompañado de la sección “MANUAL DE USO DEL PROGRAMA ASCENSOR HIDRAULICO 1.0”, que se incluye en este documento, el proyectista neófito consiga obtener unas nociones básicas para el cálculo de un ascensor hidráulico con sólo unos pocos datos necesarios.

La idea de proyectar un ascensor hidráulico realizando los cálculos necesarios para unas condiciones determinadas, que se imponen de antemano dependiendo de la disponibilidad de espacio, de las condiciones de de los puntos de anclaje, de la velocidad solicitada, del coste final y otros muchos factores es un planteamiento que no es nuevo y que ha venido realizándose desde los primeros diseños de ascensores. Sin embargo, el coste asociado a un cálculo en el que influyen muchos factores es mayor según aumenta el número de éstos. El problema principal para alguien que quiere proyectar ascensores hidráulicos es plantearse que no sólo tendrá que calcular un determinado tipo de instalación, si no que las condiciones de una a otra variarán y tendrá que repetir las tareas de cálculo según cambien las condiciones de la instalación.

Hoy en día cualquier ingeniero proyectista de este tipo de ascensores puede hacer uso de la normativa y calcular un ascensor determinado con unas condiciones particulares y propias de la instalación a la que se enfrenta, pero si lo que realmente se busca es realizar un trabajo eficiente, reduciendo el tiempo de diseño y, por consiguiente, el coste total asociado, la solución es automatizar la tarea de diseño y de cálculo, de forma que se incurra en la menor pérdida de tiempo posible. Como bien se puede intuir con esta exposición, se trata de hacer uso de los medios que nos ofrece la técnica actual para facilitar nuestra labor, y qué mejor método para automatizar tareas que el uso de ordenadores, que dada su superior capacidad de cálculo pueden ahorrar ese tiempo que siempre se necesita para dedicar a otras actividades. No queremos decir que sea imprescindible su uso, pero la velocidad de cálculo unida a la capacidad de no cometer errores hacen que una aplicación informática destinada a realizar el proceso de diseño sea la elección adecuada si queremos que la gestión de todo el proceso esté libre de errores y además permita ahorrar tiempo y dinero.

El uso de herramientas informáticas para automatizar tareas es una materia que siempre me ha fascinado, desde las más simples como hacer cálculos sin errores de forma masiva y continuada hasta el control de todo tipo de maquinaria, doméstica o industrial, pero siempre con un mismo objetivo: producir más en menos tiempo y con menos esfuerzo, tanto en tiempo-hombre como en tiempo-máquina. Se persiguen pues, dos objetivos, la eficacia de los procesos, es decir, en pocas palabras, que “todo salga bien”, así como su eficiencia, cuyo equivalente podría ser “conseguir más rendimiento con el menor coste posible”.

Al comenzar en el mundo laboral se puede observar cómo todos los procesos son susceptibles de ser automatizados, primeramente de formas rudimentarias y toscas que se limitan únicamente a cumplir un cometido de reducir esfuerzos y tiempos de los operarios, siendo con el tiempo sustituidos por nuevos diseños que no sólo reducen aún más los requerimientos anteriormente mencionados si no que persiguen preferentemente reducciones en tiempos de trabajo aumentando velocidades en ciclos de trabajo o modificando parámetros de los materiales o las herramientas utilizadas. Una gran parte de la maquinaria que se vende actualmente para la industria ya no se concibe sin las ayudas informáticas que facilitan su uso, pero no nos olvidemos de que todo ello es fruto de una labor constante de automatización y mejora de procesos conseguida a lo largo de los años, persiguiendo un único objetivo fundamental: reducción de costes y máxima productividad.

También se puede constatar cómo una gran parte del tiempo se invierte en repetir una y otra vez cálculos en los que se alteraban quizás una o quizás muchas variables dependiendo del caso, pero todos esos cálculos conducían a una rutina de cálculo que no aporta nada nuevo a una persona cuya mentalidad de ingeniero le conduce a realizar tareas que nada tengan que ver con la rutina y sí con la invención y la mejora constante. Aunque yo me encontraba aún en los inicios de mi carrera universitaria, siempre quise automatizar este proceso de cálculo que había visto repetir una y otra vez a

los encargados de los diseños de los ascensores. Se pretendía, pues, conocer más a fondo cómo era el proceso de cálculo de este tipo de ascensores y de cómo se podía hacer éste cálculo de manera más rápida. Sólo quedaba pues, encontrar y aprender una herramienta informática adecuada que diera forma a esta idea de automatización, es decir, un lenguaje de programación que cumpliera los objetivos de este proyecto. Así, se parte desde cero con el aprendizaje del lenguaje VISUAL BASIC, que ha conseguido dar vida a la herramienta que aquí se presenta. De esta forma se cumplían dos objetivos: familiarizarse con todo el cálculo estructural e hidráulico de los ascensores oleodinámicos y además, conseguir dominar lo suficiente una herramienta de programación, que hoy en día, no sólo ha permitido realizar este proyecto, si no que es la base para la automatización de otros procesos necesarios en el ámbito laboral.

Tras esta declaración de intenciones, conviene dejar claro que para que exista una maquinaria automatizada que realice las tareas más eficientemente se hace necesario que los diseños que un conjunto de máquinas realizan lleguen a éstas a tiempo para poder ser fabricadas. He aquí la necesidad de automatizar, no sólo las operaciones de fabricación si no también las labores de diseño; así encontramos ese pequeño granito de arena que éste ingeniero proyectista añade a la consecución de la reducción de costes en una empresa de fabricación de ascensores hidráulicos.

1.2. Objetivos

La aplicación informática que aquí se presenta trata de aunar todos los cálculos estructurales que la normativa actual requiere para el diseño de un ascensor hidráulico. No obstante, siendo el cálculo estructural el núcleo de la aplicación, también se ha creído necesario dimensionar otros subsistemas necesarios en la instalación de un ascensor hidráulico, como son el motor-bomba o las conducciones que proporcionan el fluido de impulsión para el ascensor y que a pesar de no estar directamente relacionados con el cálculo de estructuras, son, obviamente, necesarios para realizar un cálculo completo de la instalación de un elevador hidráulico. Este proyecto tiene sin duda, una aplicación real directa, ya que se intentan usar los resultados obtenidos para la elaboración de proyectos de ascensores hidráulicos; dado el carácter eminentemente práctico de este proyecto se ha incluido también un cálculo de costes según los datos introducidos por el usuario, de manera que dicho cálculo pueda ser usado como referencia a la hora de presupuestar la citada instalación ante un posible cliente.

En la realización de este proyecto se ha tenido en cuenta desde el principio el punto de vista del usuario diario que necesita encontrar una forma eficaz, eficiente y agradable de realizar un trabajo considerado rutinario; debía conseguirse un entorno agradable para el usuario, en el que éste tenga que intervenir lo menos posible, obteniendo los resultados de una forma rápida, clara y precisa. El objetivo principal es automatizar la tediosa labor que implica el cálculo iterativo de los elementos estructurales de forma que éstos cumplan los requisitos que la norma impone. Con la introducción de unos datos básicos, se obtienen resultados que determinan cómo ha de ser dimensionada la instalación para que ésta funcione correctamente y se adapte a la normativa existente.

El otro objetivo que debe cumplir el proyecto es que a la hora de automatizar el proceso de cálculo obtengamos resultados coherentes y puedan ser usados en cualquier proyecto o instalación a la que éste proyecto va dirigida.

1.3. Estructura del proyecto

En este apartado se detalla cada uno de los capítulos de los que se compone este documento.

Este proyecto se compone de las partes que a continuación se detallan:

- **Recopilación de datos** necesarios para el cálculo manual del proyecto que nos ocupa. Esto incluye:
 - Normativa para ascensores hidráulicos, publicada por la empresa española de normativa AENOR.
 - Obtención de la formulación necesaria para el diseño y cálculo de los componentes de un ascensor hidráulico, siendo éstas:
 - Tablas de **perfiles** estándar utilizados para el guiado de las cabinas de ascensor. Se usan básicamente las guías de perfil tipo T, de las que, en la práctica, las más usuales son:
 - 65 x 54 x 8
 - 70 x 65 x 9
 - 90 x 65 x 14
 - 90 x 75 x 16
 - 127 x 88,9 x 15,88

- Datos de los diferentes tipos de **chasis**, cada uno con sus características de peso, tipo de acuíñamiento, velocidad para la que están diseñados y distancia entre guías con la que han sido fabricados. El chasis es la estructura que soporta todo el peso del ascensor, y necesita ser diseñado de la forma más robusta posible para garantizar unas condiciones de funcionamiento óptimas y duraderas. Se incluye también un precio orientativo para determinar posteriormente un cálculo aproximado de costes para la instalación.
- Tablas para el cálculo del diámetro de los **cables** de suspensión de la cabina y del contrapeso. Son los encargados de tirar del ascensor y de su carga, tanto en subida como en bajada y deben ser calculados al alterar cualquiera de las variables de diseño.
- Tablas con los datos de cargas nominales y superficies útiles máximas de la **cabina** del ascensor. Con estos datos se determinan los pesos de la cabina en cada caso, para ser usados en los cálculos estructurales. Se añaden de nuevo los precios de las cabinas tomados de catálogos de fabricantes. Los precios pueden ser modificados en el programa para obtener cálculos de costes más exactos.
- Tablas de datos para el cálculo estructural siguiendo el **método omega** que plantea la normativa. Se distinguen dos resistencias

básicas para el tipo de acero y por consiguiente, dos tablas para el cálculo de la esbeltez de la estructura siguiendo el método citado anteriormente. La finalidad de esta tabla es realizar un proceso de cálculo iterativo entre los perfiles de las guías que termine adecuándose a los coeficientes de seguridad requeridos para la instalación según prevé la normativa.

- Tabla para las **resistencias máximas** admisibles de los distintos tipos de **acero** que son usados para la fabricación de las guías de un ascensor. Se distinguen coeficientes de trabajo máximo distintos para dos tipos de cálculo:
 - Carga en uso normal
 - Carga actuando el dispositivo de seguridad del ascensor o paracaídas

- Datos constructivos y tablas de los elementos de empuje, en este caso, de los **pistones** hidráulicos, aunque sería más conveniente llamarlos oleodinámicos, ya que el fluido con el que funcionan es aceite. Estos datos se obtienen de catálogos de importantes fabricantes de pistones como son GMV, MORISPAIN S.A. e HIDRAL S.L. Nos encontramos con dos tipos de pistones en las instalaciones hidráulicas:
 - Pistones simples, se componen de una única camisa y un solo vástago. Se usan cuando la distancia que recorre el ascensor (recorrido) es pequeña.

- Pistones telescópicos de 2 y 3 etapas.
Tienen varios vástagos de menor diámetro cada uno, que van saliendo del interior de la camisa según se alcanza mayor altura desde el suelo. Se usan cuando el recorrido es elevado.
- Tabla de pesos y precios para los operadores de las puertas de cabina del ascensor. El **operador** es el encargado de accionar las puertas de la cabina de un ascensor. Se necesita conocer su peso ya que influye en el cálculo estructural que posteriormente veremos. Los datos provienen de catálogos de empresas del sector y se distinguen básicamente dos tipos de acabados: INOXIDABLE e IMPRIMACIÓN, para las distintas luces de las puertas de cabina.
- Potencias de los motores para el ascensor, que son función de la presión estática máxima existente y los caudales necesarios para la instalación; la presión vendrá determinada por el conjunto del peso que hay que elevar y el caudal vendrá determinado por la velocidad con la que se quiere que suba el ascensor.
- Tabla de diámetro, peso y precio para los tipos de **poleas** más frecuentes usadas en conjunción con los cables para tirar del ascensor.
- Datos auxiliares para el cálculo de costes, como son precios del conjunto de las fijaciones necesarias para sujetar las guías del ascensor a

la pared del hueco o precios de los diferentes tipos de pistones, expresados éstos en euros/metro. Se incluye un coste adicional orientativo para medidas de recorridos que sobrepasan las medidas más comunes; está expresado igualmente en euros/metro.

- Descripción del significado de los términos que se emplean para el cálculo. Posteriormente se dará una visión general del proceso de cálculo que se sigue en la determinación de resultados.
- **Programación** de la herramienta informática que va a servir de proceso automatizado de cálculo de todo el diseño del ascensor en función de las variables que introduciremos de manera visual en nuestro programa informático. Este paso, es por supuesto, el más largo y tedioso, ya que combina el conocimiento, no sólo de la normativa y de los cálculos necesarios si no también de la implantación de estos conocimientos a través de un lenguaje de programación. El interfaz visual de nuestra herramienta será el método para introducir los datos conocidos de la instalación a calcular. Los resultados obtenidos serán visualizados en pantalla y podrán ser guardados en archivos para una visualización posterior.
- **Comparación** de los resultados obtenidos con un modelo equivalente analizado mediante el paquete de diseño CAD/CAM Solidworks 2008 y el complemento de cálculo de elementos finitos COSMOSWORKS 2008. Se modela un ascensor tipo con unas variables determinadas y se comprueba que el cálculo que realiza la herramienta que hemos diseñado es coherente con el resultado obtenido mediante análisis por elementos finitos.

1.4. Estructura del documento

En este apartado se detalla cada uno de los capítulos de los que se compone este documento.

En el capítulo 1, INTRODUCCIÓN, se encuadra el presente proyecto, y donde se proporciona una declaración de intenciones, así como un breve resumen de los objetivos y de los medios utilizados para su consecución.

En el capítulo 2, ASCENSORES HIDRÁULICOS, se define el concepto de ascensor y se da una breve explicación de partes fundamentales de las que consta.

En el capítulo 3, ANÁLISIS Y DISEÑO, definimos la aplicación de forma jerárquica, empezando por los requisitos del sistema y del software, su implementación, así como un diagrama esquemático de la estructura de menús del programa, que nos dan una visión global de sus posibilidades.

En el capítulo 4, NORMATIVA, se detalla el marco normativo que rodea el cálculo de un ascensor hidráulico. Todos los cálculos que realiza el software se encuentran aquí detallados y separados por componentes, ya que el programa permite hacer cálculos totales o parciales. Se divide en seis apartados de cálculo:

- 1- Guías
- 2- Cables de suspensión
- 3- Pistones
- 4- Central de presión o motor
- 5- Desplazamiento del vástago del pistón por cambios de temperatura y/o presión

6- Balance térmico de la instalación

En el capítulo 5, APLICACIÓN A UN CASO REAL, se hace uso de un programa comercial de diseño 3D y de cálculo de elementos finitos para verificar que los resultados obtenidos mediante nuestro software utilizando fórmulas de aplicación general son coherentes con aquellos que obtenemos utilizando métodos de elementos finitos de cálculo estructural. Para ello se hace necesario modelar previamente el chasis de un ascensor tipo y someterlo a solicitaciones de carga idénticas o aproximadamente iguales a las que hayamos definido en nuestro software.

En el capítulo 6, TABLAS DE DATOS, se exponen todas las tablas necesarias para realizar los cálculos manualmente. Los datos de estas tablas son usados internamente por el software para obtener las soluciones del cálculo del ascensor. Éstas tablas pueden ser actualizadas y modificadas desde el propio programa para adecuarse a cambios en medidas, precios, etc.

En el capítulo 7, AMPLIACIONES FUTURAS, se proponen ideas que surgieron durante la realización de este proyecto para mejorarlo o incorporar nuevas características y funcionalidades.

En el capítulo 8, PRESUPUESTO, se estima el coste aproximado de la realización de este proyecto

En el capítulo 9, BIBLIOGRAFÍA, se expondrá la bibliografía usada como guía y ayuda en la elaboración de este proyecto.

En el ANEXO I, MANUAL DE USO DEL PROGRAMA, se muestra una explicación detallada y “paso a paso” de cada una de las funcionalidades del programa, la descripción de los menús, la introducción de datos para el cálculo y la obtención de resultados, así como la impresión de éstos y de su salvaguarda en ficheros.

1.5. Hardware y Software utilizados en el proyecto

La herramienta que ha servido para el desarrollo de la presente aplicación ha sido, como ya mencionamos anteriormente, MICROSOFT VISUAL STUDIO 6.0 de MICROSOFT, ejecutándose bajo WINDOWS XP PROFESIONAL aunque esto no impide que el programa funcione correctamente bajo WINDOWS 9x, WINDOWS 2000, Windows VISTA o Windows 7 en cualquiera de sus versiones.

La decisión de usar esta herramienta de desarrollo se basa en varios pilares fundamentales:

- Curva de aprendizaje asequible para usuarios noveles y basado en el popular lenguaje BASIC. Se pueden desarrollar desde pequeños programas a complejas aplicaciones cliente-servidor basadas en Internet.
- Entorno de programación amigable y orientado a objetos, lo que hace bastante ágil los diseños de la interfaz de usuario, así como la implementación de todas las acciones que un usuario realiza al trabajar con un software de tipo Windows.
- La aplicación que se pretende desarrollar está destinada principalmente a un uso individual sin interactuar con otros ordenadores y sin necesidad de ningún tipo de acceso a Internet. Aunque Microsoft Visual Studio está pensado también para aplicaciones cliente-servidor y también de tipo Web, es una solución muy eficiente para desarrollo de aplicaciones monousuario con acceso a tablas de datos ubicadas en un ordenador local.

Se han utilizado programas adicionales para complementar el diseño de la aplicación:

- AUTOCAD y PAINT SHOP PRO, para las ayudas visuales mediante croquis y leyendas que tratan de facilitar el trabajo con las variables que intervienen en los cálculos
- SOLIDWORKS para el diseño de los ensamblajes mecánicos que aparecen en las ilustraciones y para el modelado mecánico del conjunto del ascensor para someterlo posteriormente al cálculo estructural.
- COSMOSWORKS funcionando sobre SOLIDWORKS, para obtener soluciones del cálculo estructural por el método de elementos finitos. El método de elementos finitos es ampliamente usado en la actualidad para análisis estructurales, térmicos, etc. En nuestro caso, se podría explicar brevemente diciendo que consiste en dividir el modelo estructural de un ascensor en pequeñas partes infinitesimales en las que sea más fácil calcular los esfuerzos e ir haciendo lo mismo en cada una de ellas hasta tener calculada toda la estructura.
- AX-ICON, para el diseño de los iconos que aparecen en los botones de comando de la aplicación y que hacen de ésta más atractiva e intuitiva.
- MICROSOFT WORD, para la redacción de la presente memoria.
- MICROSOFT ACCESS, para el diseño de la base de datos que contiene todas las tablas y valores necesarios para los cálculos internos que realiza el programa.
- CRYSTAL REPORTS, para el diseño de los informes de resultados y para permitir exportar éstos a formatos más ampliamente conocidos, como son los archivos tipo Adobe Acrobat, más comúnmente llamados archivos PDF.

La instalación y puesta en marcha del programa ASCENSOR HIDRÁULICO v1.0 se describe en un capítulo aparte al final de la presente memoria.

CAPÍTULO 2

ASCENSORES HIDRÁULICOS



2. ASCENSORES HIDRÁULICOS

En este capítulo se hace un recorrido por la historia de los aparatos elevadores, comúnmente llamados ascensores, así como se enumeran y se definen sus componentes más destacados

2.1. Historia del ascensor

En este apartado se hace un pequeño recorrido por la historia del ascensor desde su invención, así como reseñas históricas de componentes mecánicos que fueron sus precursores en la antigüedad.

2.1.1. El inventor

Elisha Graves Otis nació el 3 de agosto de 1811 en Halifax, Vermont (EE.UU.), en una familia granjera. A los 19 años abandonó su ciudad natal y viajó a Troy, en el Estado de Nueva York, para unirse a los negocios de su hermano. Durante los siguientes 22 años, Otis trasladaría a su familia a lo largo de todo el Estado, hasta que finalmente, en 1852, se estableció en Yonkers, donde lanzaría su negocio de ascensores

Otis fue el primero del mundo que comenzó a fabricar ascensores en 1853, y su empresa también fue pionera en 1900 en la construcción de escaleras mecánicas. En 1854 Otis exhibió su invento más importante, un mecanismo de seguridad automático para parar en caso de que los cables se rompieran. En el año 1857, instaló el primer ascensor de pasajeros en los grandes almacenes E.V. Haughwout, de 5 pisos, en Nueva York, que funcionaba con una máquina de vapor. Antes de morir patentó el ascensor accionado por vapor.

2.1.2 El Ascensor Desde La Antigüedad

Los antiguos egipcios, utilizaron diversos sistemas de cuerdas y rampas para mover los bloques de piedra que darían forma a las pirámides. Cerca del año 1500 A.C., las aguas del río Nilo eran elevadas en baldes y volcadas dentro de los canales de riego por medio de un brazo contrapesado sobre un pivote. Los chinos mejoraron el sistema utilizando recipientes colocados sobre una cuerda sinfín girada por un molinete que funcionaba a mano o a pedal.

El primer ascensor (elevador) fue desarrollado por Arquímedes en el año 236 A.C., que funcionaba con cuerdas y poleas.

Cuando el emperador Tito, construyó el Coliseo Romano en el año 80 d.C., utilizó grandes montacargas para subir a los gladiadores y a las fieras al nivel de la pista.

Para acceder al Monasterio de San Barlaam, en Grecia, construido sobre montañas, se usaron montacargas para uso de personas y suministros, donde la fuerza motriz era provista aún por los hombres.

En el año 1203, en una abadía situada en la costa francesa, se usaba la cuerda escalonada tirada por un burro. Hacia 1800, cuando James Watt inventó la máquina de vapor, se da nacimiento a la utilización de otro tipo de energía, lo que originó el comienzo de la revolución industrial.

En 1835 se utilizó el ascensor movido por una máquina a vapor para levantar cargas en una fábrica de Inglaterra. Diez años más tarde, William Thompson diseñó el primer ascensor hidráulico, que utilizaba la presión del agua corriente.

En el año 1853, Elisha G. Otis construyó un montacargas dotado de un dispositivo de seguridad tal que al cortarse el cable de tracción, la cabina quedaba detenida. Su invento fue presentado en la Feria del Palacio de Cristal de Nueva York y ganó la confianza del público al permitir que

cortaran intencionalmente el cable del montacargas con el Sr. Otis en su interior. Es el principio del transporte de personas.

En 1857, Otis instaló el primer ascensor para pasajeros del mundo, en una tienda de Nueva York, movido por una máquina de vapor a una velocidad de 0,2 m/seg.

2.2 Definición.

Un ascensor hidráulico es un componente mecánico destinado a la elevación de personas. El concepto de ascensor está ligado por norma al transporte de personas, ya que la elevación de otro tipo de cargas se realiza por medio de lo que se llama comúnmente “montacargas”. El transporte vertical de personas requiere del cumplimiento de una normativa más estricta en cuanto a medios de seguridad se refiere; no obstante, los principios de funcionamiento son los mismos para ambos, siendo los cálculos adaptables en ambos casos. Las diferencias fundamentales las encontramos en los elementos que los componen, teniendo el ascensor bastantes más complementos que los montacargas. Un ascensor típico está formado fundamentalmente por:

- El **hueco** del ascensor, de dimensiones variables, que es donde van emplazados una buena parte de mecanismos del ascensor. En él se encuentran las fijaciones de guías, que son las encargadas de unir las guías del ascensor a las paredes del hueco. Las medidas del hueco dependerán de las necesidades de carga (número de personas transportables) pero la normativa exige mantener unos recorridos de seguridad que ya están estipulados. El recorrido del ascensor es la distancia total que recorre el ascensor entre las plantas primera y última, estando aquél dividido en tres partes claramente diferenciadas:

- **El foso.** Es la parte que queda por debajo del nivel de la primera planta. Tiene que cumplir con unos requisitos de dimensiones mínimas para poder alojar en él los elementos de amortiguación que van fijados al suelo del hueco. Estos elementos se encargan de absorber una buena parte de la energía que se produciría en caso de que se descuelgue el ascensor. Cumplen otra labor muy importante que es la de proteger al operario que pueda estar trabajando en el foso del ascensor, ya que están calculados para que exista la suficiente altura como para albergar a una persona en caso de que el ascensor quedara apoyado sobre estos muelles. El foso suele contar con iluminación para realizar las operaciones de revisión más frecuentes.
- **Recorrido.** Como se ha dicho anteriormente, es la distancia vertical existente entre el nivel de suelo de la primera planta y el nivel de suelo de la última planta. Las plantas intermedias no se consideran a efectos de cálculo ya que lo realmente importante es poder llegar a la última planta; la parada en las plantas intermedias queda garantizada si conseguimos que la cabina llegue físicamente al último nivel de piso.
- **Recorrido superior.** Es el recorrido de seguridad que queda por encima de la cabina cuando el ascensor se encuentra en la última planta. Al igual que el foso, tiene unas medidas marcadas por normativa, dado que en los techos de los ascensores se encuentran elementos mecánicos y electrónicos que necesitan de revisión. Esto requiere de unas condiciones de seguridad para el operario de mantenimiento como pueden ser barandillas de seguridad perimetrales para evitar caídas accidentales de personas o de herramientas, iluminación adecuada para realizar labores de revisión y botoneras de mando que permiten anular las funciones

normales del ascensor desde las botoneras de los piso cuando éste está siendo revisado.

- **El cuarto de máquinas.** Es la zona que queda por encima del recorrido superior y separado del hueco por una pared. Es donde se encuentra la máquina del ascensor así como el cuadro con la maniobra eléctrica de éste. Obviamente, se encuentra en la zona más alta de los edificios y debe tener también dimensiones concretas, de las que no nos ocuparemos en este proyecto. Conviene destacar que el modo de movimiento para un motor de un ascensor hidráulico es diferente de uno eléctrico; el primero se mueve por la acción de la presión de aceite dentro de un cilindro (o pistón) que empuja la cabina hacia arriba. El motor eléctrico mueve la cabina tirando de cables de acero anclados por un lado a la cabina y por el otro a un contrapeso que equilibra el peso de aquella. Es decir, en el caso de un ascensor eléctrico, en el cuarto de máquinas tendríamos una máquina que soporta la cabina mediante cables que deslizan por una polea unida a la propia máquina; en el caso de un ascensor hidráulico, sólo tendríamos el motor hidráulico (que podría también estar en la planta baja o en cualquier otra) y las conducciones de aceite que van al pistón.

Se distinguen dos formas de hacer moverse el ascensor:

- **Pistón de acción directa.** El pistón está situado justo debajo de la cabina y su vástago se mueve proporcionalmente al movimiento de aquella. Sólo puede ser usado en recorridos cortos. Se llama acción directa o suspensión 1:1 porque un desplazamiento **X** del pistón se traduce en el mismo desplazamiento **X** de la cabina.
- **Pistones de acción indirecta.** En este caso, el vástago del pistón no mueve la cabina directamente si no que empuja un **cabezal** (ver figura más abajo) del que

cuelgan unos cables de acero que se encuentran sujetos a la cabina por un lado y por otro a la estructura que sustenta el pistón mediante tensores (ver figura); dicha estructura recibe el nombre de **peana** (ver figura) y su altura es variable según el recorrido, la longitud del pistón y la profundidad del foso disponible.

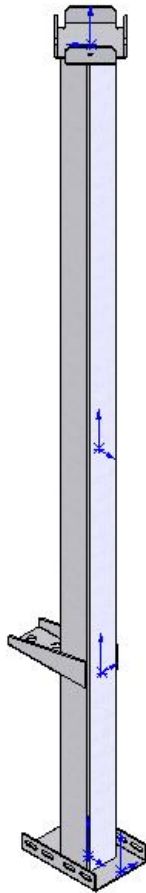


Ilustración 1: Peana de ascensor



Ilustración 2: Tensor para cable

Los cables del cabezal anteriormente comentados están arrollados a poleas que permiten un diseño de suspensiones 1:1, 2:1 o 4:1. Esto quiere decir que, por ejemplo, en el caso de una suspensión 2:1, cuando el vástago del pistón se mueva una cantidad **X**, la cabina recorrerá un espacio $2 \times X$. A éste tipo de suspensión se la

conoce con el nombre de “diferencial”. Se utiliza cuando los recorridos son grandes y el pistón necesitaría ser muy largo y muy robusto para soportar las cargas de pandeo. Con los tipos de suspensión 2:1 o 4:1 necesitaríamos pistones más cortos pero la complejidad del sistema de poleas aumenta así como los cálculos necesarios para comprobar la validez de cables y poleas.

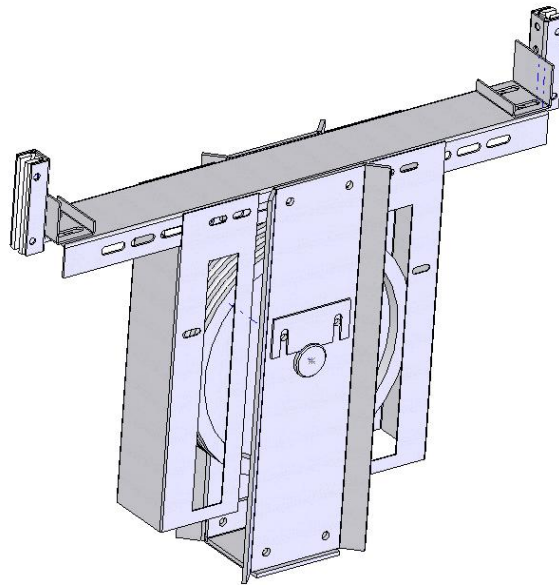


Ilustración 3: Cabezal

- **Pistones telescópicos.** Formados por dos o más vástagos que salen de la camisa según se aleja la cabina del suelo. Se utilizan para recorridos grandes debido a necesidades de espacio. Pueden estar incluso enterrados por debajo del suelo del foso cuando son necesarios grandes recorridos y cuando las condiciones del suelo lo permitan. Téngase en cuenta que habría que profundizar por debajo del suelo del foso para meter toda la camisa del pistón, y esto es normalmente, bastante complicado. En estas ocasiones se suele

recurrir a la instalación de un ascensor de tipo eléctrico, en el que la maquinaria de accionamiento se encuentra situada por completo en el cuarto de máquinas (por encima de la última planta), siendo éste más fácil de llevar a cabo que el enterramiento de un pistón telescópico, dado que esto genera además problemas a la hora de realizar el mantenimiento de éste componente.

- Las **guías del ascensor**, que son perfiles laminados de acero con forma tipo T, situadas, según hemos comentado, fijadas a la pared del hueco. El ascensor se desliza por estas guías mediante rozaderas fabricadas de materiales blandos y resistentes a la abrasión debido al continuo rozamiento que soportan. Se deben engrasar con frecuencia, ya sea de forma manual o automática mediante engrasadores situados encima de éstas, para disminuir el rozamiento y también el ruido de funcionamiento. A continuación se muestra una sección parcial de un perfil de guía estándar:

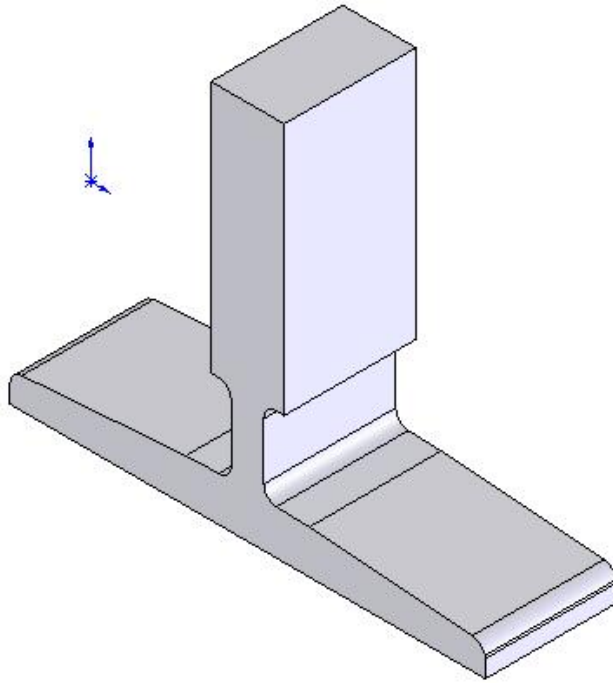


Ilustración 4: Sección de perfil de guía tipo T

- La **cabina**, lugar destinado a los pasajeros. Su superficie útil viene definida por el número de pasajeros que es capaz de albergar y su valor está tabulado. En función de la superficie de la cabina se determina su peso para el cálculo estructural. Aunque estos datos pueden variar dependiendo del fabricante, consideraremos para el cálculo que su valor es aproximadamente el mismo siempre.

- El **chasis**. Es el bastidor donde se apoya la cabina. Soporta todos los esfuerzos estáticos y dinámicos por lo que su cálculo también es fundamental para conseguir una resistencia y durabilidad óptimas. Este elemento también contiene las rozaderas, de las que se ha hablado anteriormente y que sirven de guiado al conjunto chasis-cabina.

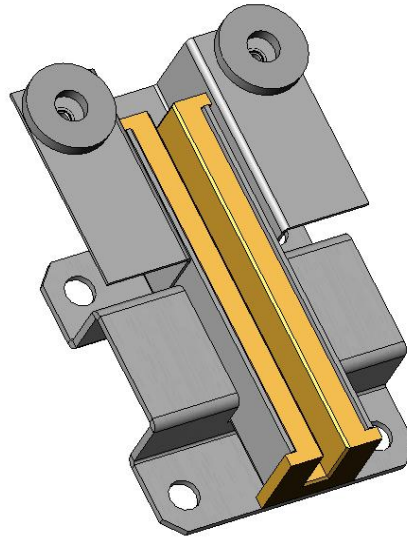


Ilustración 5: Soporte de rozadera y rozadera

Encontramos dos tipos de chasis atendiendo a la manera en la que actúan sus dispositivos de seguridad:

- Chasis de acuñamiento instantáneo
- Chasis de acuñamiento progresivo

El **dispositivo de seguridad** está formado por lo que se llama “caja de cuñas” o “paracaídas”, que es el elemento encargado de frenar el ascensor cuando éste sube o baja con un porcentaje de velocidad por encima de la velocidad nominal. En caso de excederse este valor de velocidad, unas ruedas moleteadas que circulan por un carril en forma de cono, ejercen presión sobre las guías de ascensor, deteniéndolo por rozamiento. Hacemos notar

que en la actualidad, el paracaídas actúa también en los movimientos de subida, ya que las velocidades que se alcanzan son muy altas y se hace necesario poner medidas de seguridad para evitar riesgos.

Así, el chasis de acuñaiento instantáneo es aquel en el que el paracaídas actúa de forma instantánea cuando se excede un valor de velocidad por encima de la nominal; el de acuñaiento progresivo es aquel en el que la deceleración se produce de forma lineal una vez se ha sobrepasado ese valor por encima de la velocidad nominal.

A continuación se muestra el esquema para un chasis hidráulico con acuñaiento instantáneo:

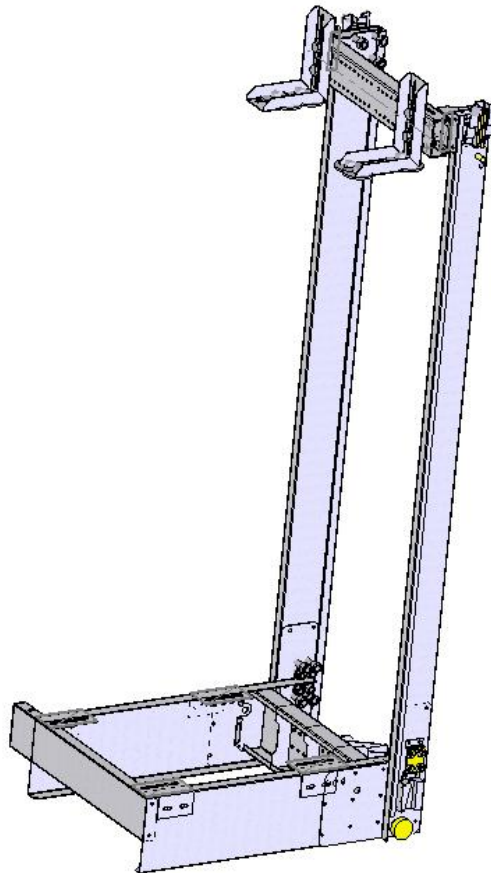


Ilustración 6: Chasis hidráulico

- la **central o motor**, que puede ser una bomba hidráulica o un motor eléctrico según sea el tipo de ascensor. En el caso del ascensor hidráulico el motor impulsa el fluido (aceite) que hace subir el vástago del pistón y por consiguiente, la cabina. En el ascensor eléctrico, el motor hace girar una polea que arrastra los cables que sujetan la cabina por un lado y el contrapeso por el otro. El contrapeso es el conjunto de masas que equilibran el peso muerto del ascensor, siendo el movimiento de ambos siempre inverso; cuando el contrapeso sube, la cabina baja y viceversa. El contrapeso va guiado por perfiles normalmente similares a los de las guías del ascensor. Ha de ir obligatoriamente guiado y debe mantener unas distancias de seguridad con la cabina, estando éstas reguladas en la normativa.

En la central hidráulica también nos encontramos con un elemento de seguridad muy importante que es la válvula paracaídas, que actúa en conjunción con los demás mecanismos de seguridad del ascensor. Su función es detener el flujo de retorno de aceite desde el pistón a la propia central de presión cuando el caudal es excesivo; un caudal excesivo implica una bajada de la cabina más rápida de lo normal; así, impidiendo el retorno de aceite, se logra detener también el movimiento de la cabina.

- **Dispositivos de parada**, que son contactos accionados mecánica o magnéticamente para que el ascensor se detenga en la planta a la que ha sido enviado. Los más usados en la actualidad son los de tipo electromagnético, comúnmente llamados “dedos”, que activan o desactivan un contacto que inicia la orden de parada cuando pasan por un campo magnético provocado por un imán colocado en las guías del hueco.
- los **órganos de mando o botoneras**, con los cuales se efectúan llamadas al ascensor desde cualquier planta. Mandan las órdenes de los botones que son pulsados para ser interpretados por una maniobra electrónica en el cuadro eléctrico del ascensor.

El caso que aquí nos ocupa son los ascensores de tipo hidráulico, es decir, aquellos cuyo movimiento se produce por la presión que proporciona una central hidráulica a un cilindro o pistón que se encarga de soportar toda la carga y elevarla. Los órganos de guiado, los de suspensión, la central de potencia y sus conducciones deben ser dimensionados correctamente para que la instalación sea eficaz y eficiente a la vez. De nada nos sirve colocar los mayores órganos de guiado cuando con perfiles pequeños vamos a tener resuelto el problema, así como no podemos usar perfiles pequeños en condiciones de carga que produzcan flexiones y pandeo que deformen permanentemente la instalación, además de provocar un serio peligro tanto para la carga como para la propia estructura que soporta el ascensor.

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS Y DISEÑO



3. ANÁLISIS Y DISEÑO

En este capítulo se expone una visión global de la herramienta informática objeto de este proyecto; se describen en profundidad los requisitos del software, el modelo de ciclo de vida usado, las funcionalidades que debe alcanzar, así como la estructura de menús utilizada y el diagrama de la base de datos de la aplicación.

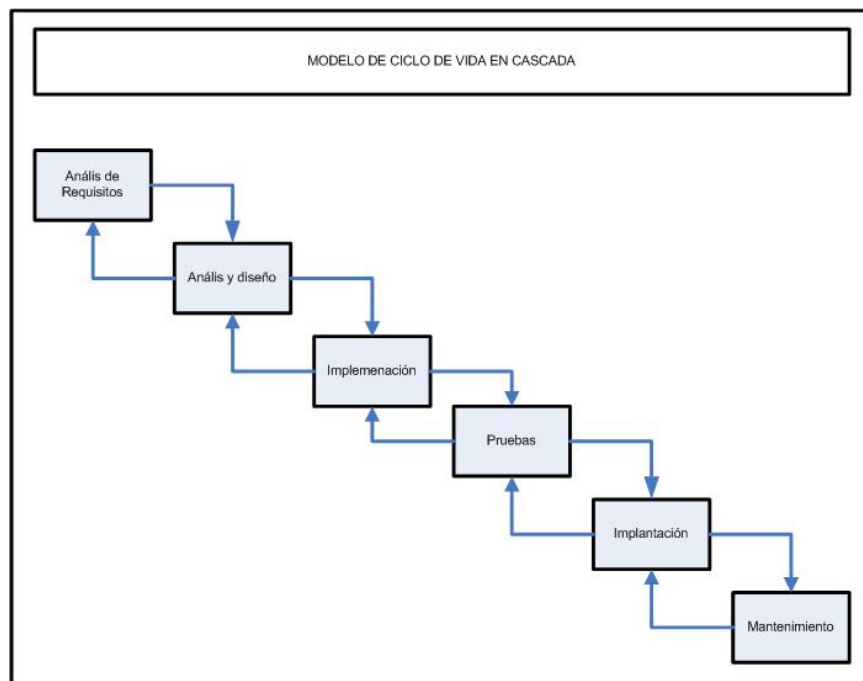
3.1. Etapas

Para el desarrollo del presente PFC, se ha recurrido a un método sencillo de planificación de ingeniería de software como es el “ciclo de vida en cascada”, que se puede resumir en los siguientes puntos principales:

- **Definición de requisitos, análisis y diseño del sistema**, englobados en un único apartado dada su simplicidad. En esta primera etapa se analizan los requisitos que deben cumplir la aplicación, a saber:
 - Debe poder realizar los cálculos necesarios de cada uno de los componentes principales de la instalación de un ascensor hidráulico según las variables introducidas por el usuario.
 - Debe informar al usuario cuando no se cumplen los criterios de validez según los datos introducidos.
 - Debe permitir almacenar los datos de un caso concreto para poder recuperarlos posteriormente y no tener que introducirlos nuevamente
 - Debe presentar un informe de resultados según los cálculos realizados internamente y permitir imprimirlos físicamente en papel.

- Debe permitir la edición de ciertos elementos de la instalación, como las guías, las centrales/motores, los pistones, para proveer al usuario de la máxima flexibilidad a la hora de calcular instalaciones con componentes personalizados que no estén incluidos en las bases de datos del programa. Se permitirá la edición de todos estos componentes, así como su almacenamiento para cálculos posteriores.
 - Debe tener un entorno amigable y visualmente guiado para usuarios con un nivel de formación informático básico.
 - Debe permitir que un usuario con limitados conocimientos sobre cálculo de ascensores pueda hacer uso del programa y ser capaz de obtener resultados coherentes con los datos que haya introducido. Para ello, además de las ayudas visuales en pantalla, el presente PFC incluye un manual de usuario que explica cada unas de las funciones del programa de forma amena y sencilla.
-
- **Implementación del sistema.** En esta parte se elige la herramienta que va a utilizarse para realizar las tareas especificadas en el punto anterior, y se transcriben las funcionalidades previstas en el diseño a una aplicación informática a través de dicha herramienta. Como ya se vio en el apartado 1.5, la herramienta utilizada para estos fines será MICROSOFT VISUAL STUDIO, cuyo lenguaje de programación es parecido al BASIC, pero orientado a objetos.
 - **Pruebas de funcionamiento.** En esta última etapa se pone a prueba la validez de los cálculos realizados por nuestra aplicación y se depuran los errores que puedan surgir y que no habían sido controlados con anterioridad. Se han de probar todas y cada una de las características y posibilidades del programa para que en toda situación los resultados obtenidos sean fiables.

- **Implantación y mantenimiento.** Dado que la aplicación está destinada fundamentalmente a usuarios de un departamento de gestión de proyectos dentro de una empresa, la implantación y el mantenimiento pueden quedar englobados en una sola etapa. Con el manual de usuario el usuario puede perfectamente terminar con éxito cualquier cálculo que el software pueda realizar. La labor de mantenimiento de la aplicación es casi nula, ya que los componentes utilizados por la aplicación han sido usados durante muchos años en la instalación de ascensores, pero no obstante, y dada la implantación de nuevos materiales, se permite al usuario modificar a su antojo sus características, para adaptarlos a las necesidades más actuales, sin más que modificar los datos técnicos de éstos para que el programa los utilice en los cálculos.

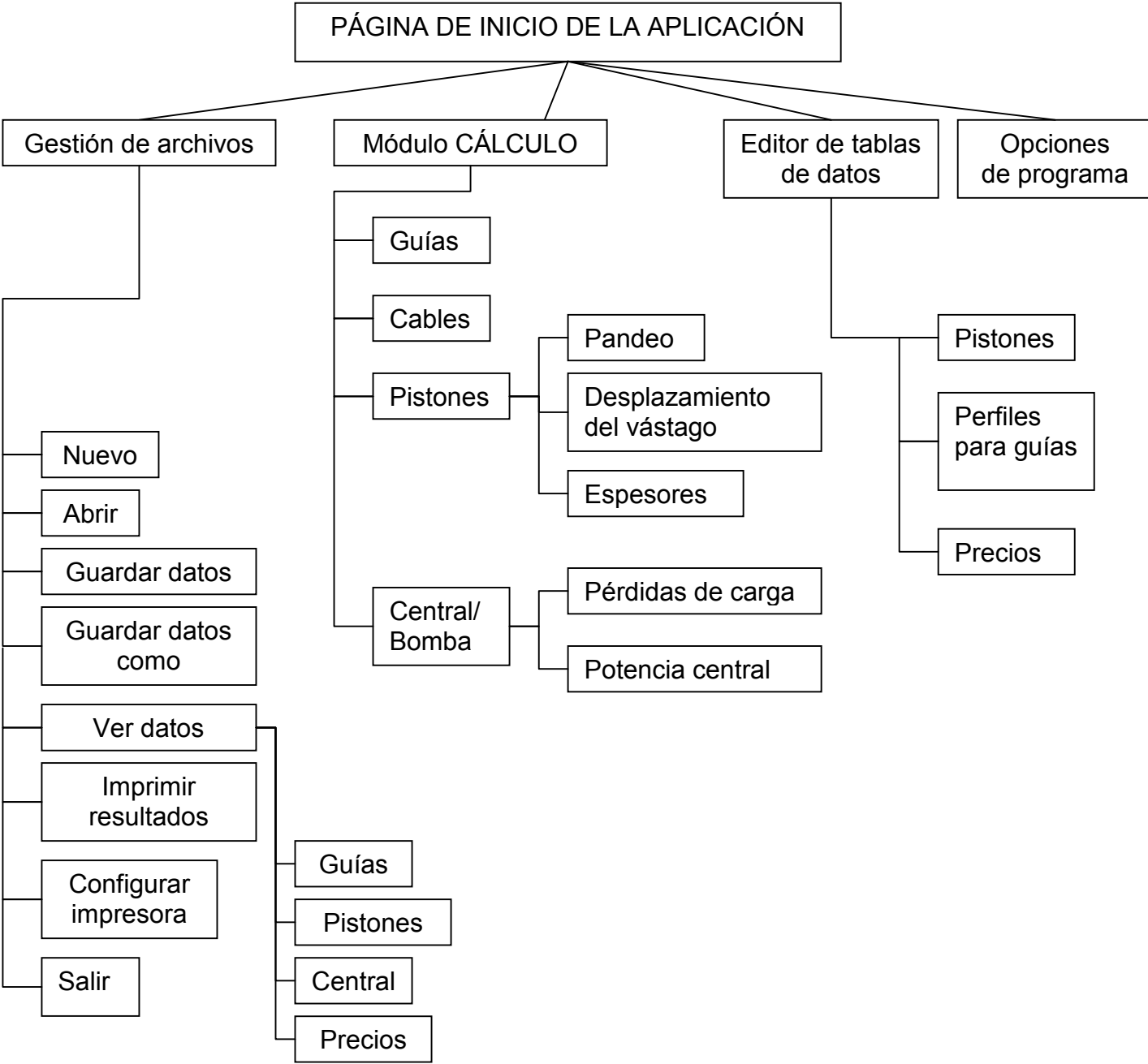


Modelo de ciclo de vida en cascada.

3.2. Diagrama de funciones de la aplicación

En este apartado se pretende dar una visión global del flujo de la aplicación diseñada, es decir, una manera gráfica y simplificada de ver las

diferentes opciones y posibilidades que posee la aplicación que nos ocupa. Con este diagrama no se pretende enumerar de forma detallada cada una de las pantallas que posee el programa pero sí ofrecer una visión clara de la organización de la aplicación y sus funciones principales.



3.3. Estructura de la base de datos

En este apartado, se muestran todas las tablas de datos de las que el programa hace uso para los cálculos. Estas tablas no contienen relaciones entre ellas, ya que la mayoría de los cálculos son independientes unos de otros, y en los casos en los que se necesitan datos para varios cálculos, éstos se almacenan en variables que se utilizan en diversas partes del programa y se destruyen al finalizar éste.

3.3.1. TABLA “GUÍAS”

Contiene los datos geométricos, estructurales y precios de los perfiles que forman parte del guiado del ascensor, es decir, el soporte o guía por donde la cabina se mueve.

Guías	
Designacion	
b	
c	
f	
g	
h	
k	
n	
e	
Ix	
Wx	
Radio giro X	
Iy	
Wy	
Radio giro Y	
Seccion	
Peso	
Precio520	
Precio370	
Precio440	
Borrable	

3.3.2. TABLA “CABLES”

Contiene los diferentes tipos de cable de acero empleados para suspender la cabina de un ascensor, ordenados por diámetros y con las características físicas más importantes que influyen en los cálculos estructurales. También se incluyen los precios para conocer el coste de la instalación.

Cables
Diametro
Diametro efectivo
Peso del cable
140
160
180
Precio140
Precio160
Precio180

3.3.3. TABLA “OPERADORES”

Esta tabla tiene datos del mecanismo encargado de abrir las puertas del ascensor. Se recogen los pesos de los distintos tipos de operadores según las dimensiones de las puertas de embarque, así como si son de acero inoxidable o simplemente pintadas en imprimación.

Operadores
Tipo_PL
T-02 IMPR
T-02 INOX
T-12 IMPR
T-12 INOX
T-32 IMPR
T-32 INOX
T-42 IMPR
T-42 INOX
T-62 IMPR
T-62 INOX

3.3.4. TABLA “OPERADOR PRECIO”

Aquí se almacenan los precios de los operadores de la tabla anterior. Debido a que la tabla anterior tiene estructura de matriz para poder realizar los cálculos, los precios se han introducido en esta tabla adicional.

Operador precio	
Tipo_PL	
T-02 IMPR	
T-02 INOX	
T-12 IMPR	
T-12 INOX	
T-32 IMPR	
T-32 INOX	
T-42 IMPR	
T-42 INOX	
T-62 IMPR	
T-62 INOX	

3.3.5. TABLA “SUPERFICIE CABINA RESIDENCIAL”

En esta tabla se almacenan las superficies útiles máximas que pueden tener las cabinas de uso residencial según la carga máxima del ascensor así como los precios de las cabinas según este mismo criterio.

Superficie cabina residencial	
Carga nominal	
Superficie util maxima	
Precio	

3.3.6. TABLA “SUPERFICIE CABINA INDUSTRIAL”

Es igual a la anterior, sólo que los datos están referidos a cabinas de tipo industrial, es decir, ascensores en los que se puede introducir cargas que no sean solamente personas.

Superficie cabina industrial	
Carga nominal	
Superficie util maxima	
Precio	

3.3.7. TABLA “CENTRAL PISTONES SIMPLES”

Esta tabla contiene los datos de velocidad del pistón de simple efecto en m/s. dependiendo del caudal nominal de la bomba en l/min. y del diámetro del vástago en mm. Con estos datos se puede luego calcular la potencia necesaria para la central o motor de la instalación.

Central pistones simples	
Diametro	
25	
30	
35	
43	
55	
75	
100	
125	
150	
180	
210	
250	
300	
360	
430	
500	
600	

3.3.8. TABLA “POTENCIAS PISTONES SIMPLES”

Con los datos de la tabla anterior y con el dato de presión estática máxima (bar.) que el propio programa calcula, se obtiene la potencia necesaria para la instalación en kW. Esta tabla contiene dichas potencias en función de la presión estática máxima y del caudal nominal de la bomba (l/min.)

Potencias pistones simples
Pstatmax
25
30
35
43
55
75
100
125
150
180
210
250
300
360
430
500
600

3.3.9. TABLA “CENTRAL PISTONES TELESCÓPICOS”

También contiene datos de la velocidad del pistón, pero en este caso para pistones telescópicos. Su finalidad es calcular la potencia del motor.

Central pistones telescopicos
tipo piston
Diametro
25
30
35
43
55
75
100
125
150
180
210
250
300
360
430
500
600
D

3.3.10. TABLA “POTENCIAS PISTONES TELESCÓPICOS”

Al igual que en el caso de los pistones simples, con esta tabla se calcula la potencia final de la instalación y haciendo uso de los datos de la tabla “CENTRAL PISTONES TELESCÓPICOS”

Potencias pistones telescopicos
Pstatmax
25
30
35
43
55
75
100
125
150
180
210
250
300
360
430
500
600

3.3.11. TABLA “PÉRDIDAS DE CARGA”

Contiene datos para poder calcular las pérdidas de carga que se producen en las conducciones dependiendo de su longitud y su diámetro. Tiene varios tipos de tuberías frecuentes en instalaciones de ascensor, tanto conducciones medidas en milímetros como otras en pulgadas.

Perdidas de carga
Caudal
35
42
1
1 1/4
1 1/2
2

3.3.12. TABLA “ESPESOR PISTONES”

Con los datos de esta tabla el programa calcula el espesor mínimo de la camisa del pistón necesaria en nuestra instalación para soportar las presiones calculadas.

Espesor Pistones	
Diametro	
D	
Di	
ecyl	
r1	
h1	
u1	

3.3.13. TABLA “CHASIS”

Aquí se guardan los datos de los chasis más frecuentes en ascensores de personas, tipo, peso, variables geométricas para el cálculo así como precio de cada uno de ellos.

Chasis	
Chasis	
Peso	
h	
Precio	
Paracaídas	
Tipo	

3.3.14. TABLA “POLEAS”

Contiene datos de las poleas de los cabezales para que el software calcule la medida adecuada de aquéllas según las variables introducidas.

Poleas
Diametro
Peso
Precio

3.3.15. TABLA “SIGMA_PER”

En esta tabla se almacenan los coeficientes de trabajo máximo permisibles según el tipo de acero elegido para las guías del ascensor y del modo de solicitud estructural, es decir, movimiento del ascensor de manera habitual o movimiento con actuación del paracaídas

Sigma_per
Tipo acero
Uso NORMAL
Con Dispositivo r

3.3.16. TABLA “PRECIOS”

Contiene algunos de los precios que no pueden englobarse en ninguna de las tablas de componentes anteriores, y que se incluyen aquí para permitir el cálculo del ascensor completo.

Precios
Conjunto fijacion
Incremento recorrido

3.3.17. TABLA “COEFICIENTE INTERCAMBIO TÉRMICO PISTÓN SIMPLE (A2)”

Contiene el valor del coeficiente A2 para el cálculo del balance térmico de la instalación según el diámetro del vástago (en milímetros) de un pistón de simple efecto.

Coeficiente intercambio termico piston simple (A2)	
50	
60	
70	
80	
90	
100	
110	
120	
130	
150	
180	
200	
238	

3.3.18. TABLA “COEFICIENTE INTERCAMBIO TÉRMICO CENTRAL (A1)”

Contiene el valor del coeficiente A1 ó coeficiente de intercambio térmico para la central, según el tipo de depósito que ésta utilice.

Coeficiente intercambio termico central (A1)	
Zero	
T0	
T1	
T2	
T3	
T4	

3.3.19. TABLA “COEFICIENTE INTERCAMBIO TÉRMICO PISTÓN TELESCÓPICO 2 ETAPAS (A2)”

Contiene el valor del coeficiente A2 para el cálculo del balance térmico de la instalación según el modelo de pistón telescópico de 2 etapas (desde el T240 AL T290).

Coeficiente intercambio termico piston telescopico 2 etapas(A2)	
T240	
T250	
T260	
T270	
T280	
T290	

3.3.20. TABLA “COEFICIENTE INTERCAMBIO TÉRMICO CONDUCCIÓN (A3)”

Aquí se almacenan los valores del coeficiente A3, que depende del diámetro de la conducción y de la longitud de ésta. Este valor es necesario para completar el cálculo del balance térmico de la instalación

Coeficiente intercambio termico conduccion (A3)	
35	
42	
1	
1 1/4	
1 1/2	
2	

3.3.21. TABLA “COEFICIENTE INTERCAMBIO TÉRMICO PISTÓN TELESCÓPICO 3 ETAPAS (A2)”

Contiene el valor del coeficiente A2 para el cálculo del balance térmico de la instalación según el modelo de pistón telescópico de 3 etapas (desde el T340 AL T390).

Coeficiente intercambio termico piston telescopico 3 etapas(A2)	
T340	
T350	
T360	
T370	
T380	
T390	

3.3.22. TABLA “OMEGA370”

En esta tabla se almacenan los datos de la variable omega (w) para aceros con límite elástico de 370 N/mm². Su valor es necesario para el cálculo de los esfuerzos de pandeo en las guías del ascensor y depende del material de las guías así como de la distancia entre las fijaciones de éstas. El valor de omega no se saca de forma directa de la tabla, sino interpolando entre los valores más cercanos del coeficiente de esbeltez.

Omega370	
w	
0	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	

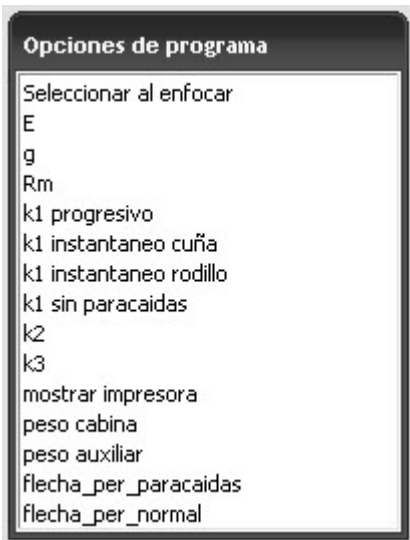
3.3.23. TABLA “OMEGA520”

Esta tabla es idéntica a la anterior pero contiene los valores de omega (w) para aceros con límite elástico de 520 N/mm². Estos son los tipos de aceros más usados para la fabricación de guías en el mundo del ascensor.

Omega520	
w	
0	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	

3.3.24. TABLA “OPCIONES DE PROGRAMA”

Contiene algunas opciones modificables del programa, así como los valores de constantes utilizados habitualmente en el cálculo estructural, como el módulo de elasticidad (E), la aceleración de la gravedad (g), flechas máximas permitidas para los cálculos, etc. Estos valores son modificables por el usuario, aunque no se recomienda su edición, ya que son valores que se aplican en todas las situaciones que el software es capaz de calcular.



3.3.25. TABLA “PISTONES SIMPLES”

Esta tabla contiene todos los datos geométricos, estructurales, térmicos y económicos de los pistones simples más ampliamente utilizados en los ascensores hidráulicos. Todos los datos de esta tabla se usan para los cálculos de comprobación de los pistones, que determinan si el pistón soporta el esfuerzo estructural en la instalación escogida, el volumen de aceite necesario para el llenado del vástago, el espesor de la camisa

necesario para soportar la presión máxima existente en la instalación, el precio del pistón por cada metro de recorrido, etc.

Pistones simples	
d	
di	
es	
A	
F	
J	
i	
q	
Pgs	
Dgrande	
Digrande	
ecyl	
r1	
e1	
u1	
Pgc	
Qc	
Qr	
Vcyl	
h1	
Precio	
Incremento por recorrido	

3.3.26. TABLA “PISTONES TELESCÓPICOS 2 ETAPAS”

El propósito de esta tabla es idéntico a la anterior, sólo que los datos aquí contenidos se refieren a pistones telescópicos de 2 etapas sin ningún tipo de sincronización.

Pistones telescopicos 2 etapas	
Tipo piston	
D	
Di	
s1	
d1	
d2	
di2	
h1	
r1	
u1	
e1	
t1	
t2	
J1	
J2	
fi	
i1	
A1	
Pr	
Prt	
Pc	
L0	
r	
H0	
Qr	
Qc	
Incremento por recorrido	
Precio	

3.3.27. TABLA “PISTONES TELESCÓPICOS 2 ETAPAS
SINCRONIZACIÓN HIDRAÚLICA”

Igual a la anterior pero albergando datos de pistones telescópicos de 2 etapas y sincronización hidráulica.

Pistones telescopicos 2 etapas sincronizacion hidraulica (GMV)	
Tipo piston	
A	
B	
C	
d1	
di1	
s1	
A1	
F1	
J1	
i1	
po1	
q1	
d2	
di2	
s2	
A2	
B2	
F2	
J2	
i2	
po2	
q2	
D	
Di	
ecyl	
Bc	
Qr	
Qc	
t	
Incremento por recorrido	
Precio	

3.3.28. TABLA “PISTONES TELESCÓPICOS 3 ETAPAS”

Igual que las tablas anteriores pero con datos de pistones telescópicos de 3 etapas sin sincronización.

Pistones telescopicos 3 etapas	
Tipo piston	
D	
Di	
s1	
d1	
d2	
d3	
di3	
h1	
r1	
u1	
e1	
t1	
t2	
t3	
J1	
J2	
fi	
i1	
A1	
Pr	
Prt	
Pc	
L0	
L20	
r	
H0	
Qc	
Qr	
Incremento por recorrido	
Precio	

3.3.29. TABLA “PISTONES TELESCÓPICOS 3 ETAPAS
SINCRONIZACIÓN HIDRAÚLICA”

En este caso se almacenan los datos de los pistones telescópicos de 3 etapas y con sincronización hidráulica.

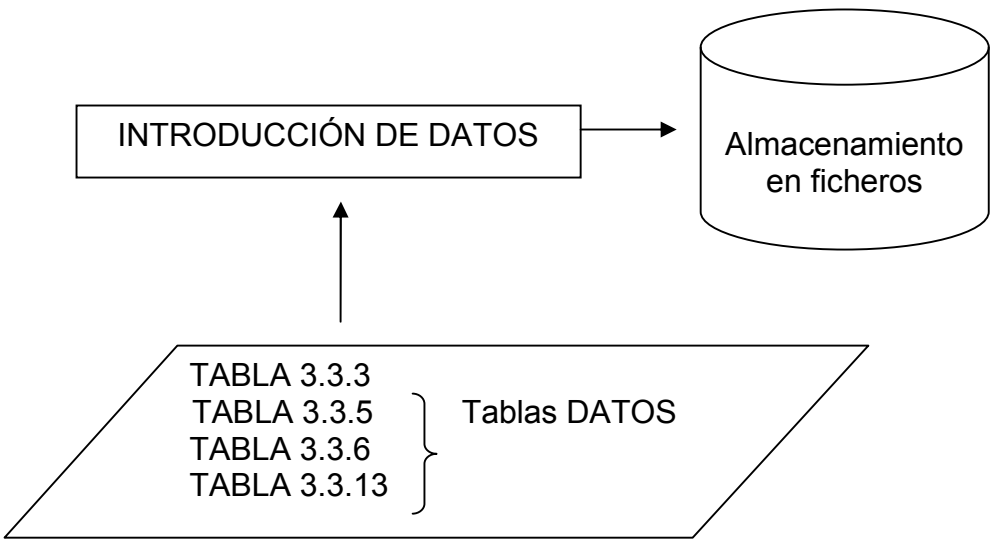
Pistones telescopicos 3 etapas sincronizacion hidraulica (GMV)	
Tipo piston	
A	
B	
C	
d1	
di1	
s1	
A1	
F1	
J1	
i1	
po1	
q1	
d2	
di2	
s2	
A2	
B2	
F2	
J2	
i2	
po2	
q2	
c2	
a2peque	
d3	
di3	
s3	
A3	
B3	
F3	
J3	
i3	
po3	
q3	
D	
Di	
ecyl	
Bc	
Qr	
Qc	
t	
Incremento por recorrido	
Precio	

3.4. FLUJO DE PROGRAMA

En este apartado se muestra de manera esquemática el flujo de programa dependiendo de las opciones de menú elegidas así como las tablas de la base de datos que son necesarias en cada proceso u opción para realizar los cálculos requeridos. Únicamente se mostrarán las opciones de menú que hacen uso de datos almacenados en la base de datos del programa. Las demás opciones son de tipo general y funcionan igual que cualquier programa de tipo Windows, como son las opciones de abrir, guardar, guardar como, etc.

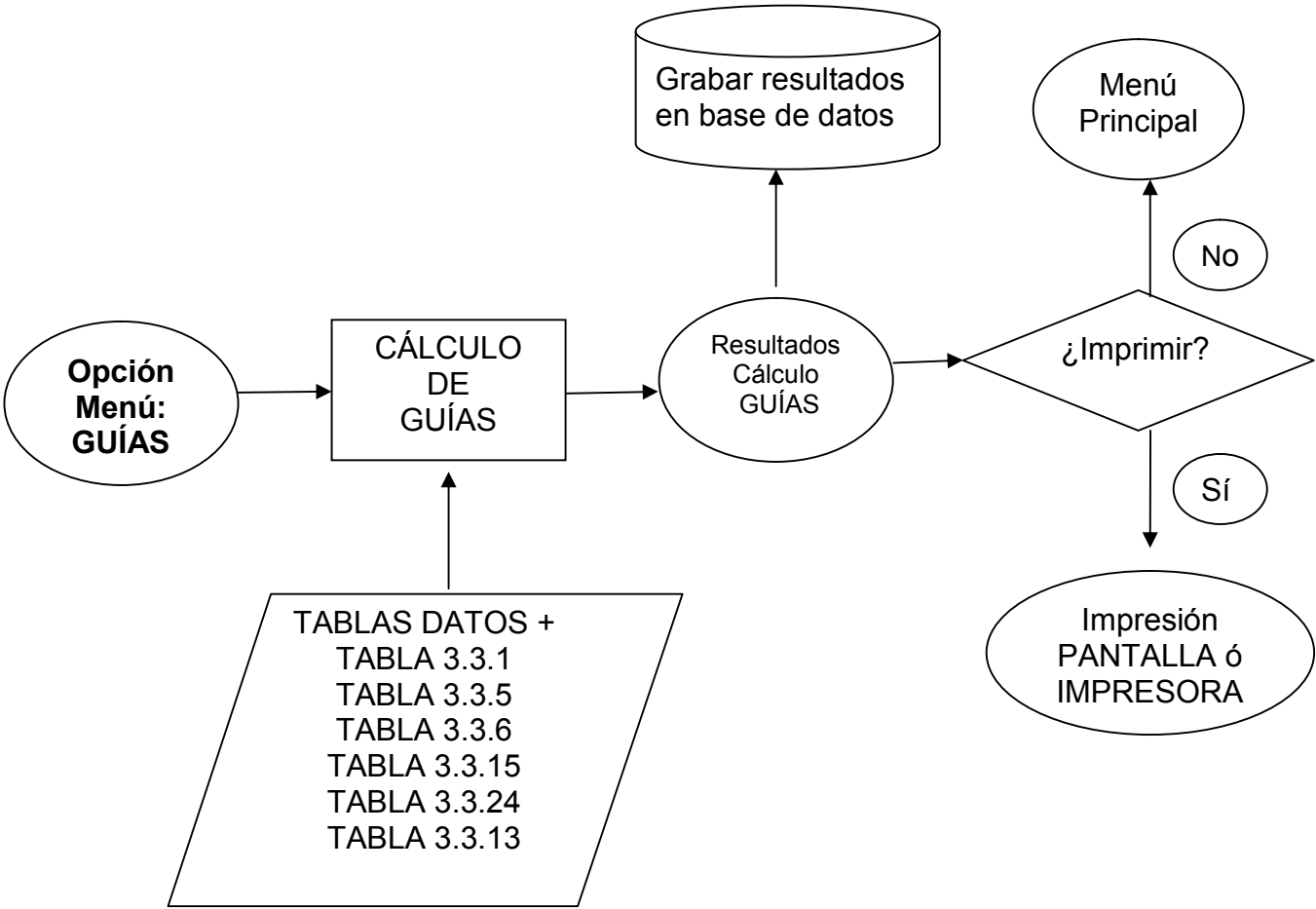
- INTRODUCCIÓN DE DATOS

Es la opción de programa que nos permitirá introducir los datos necesarios para los cálculos posteriores.



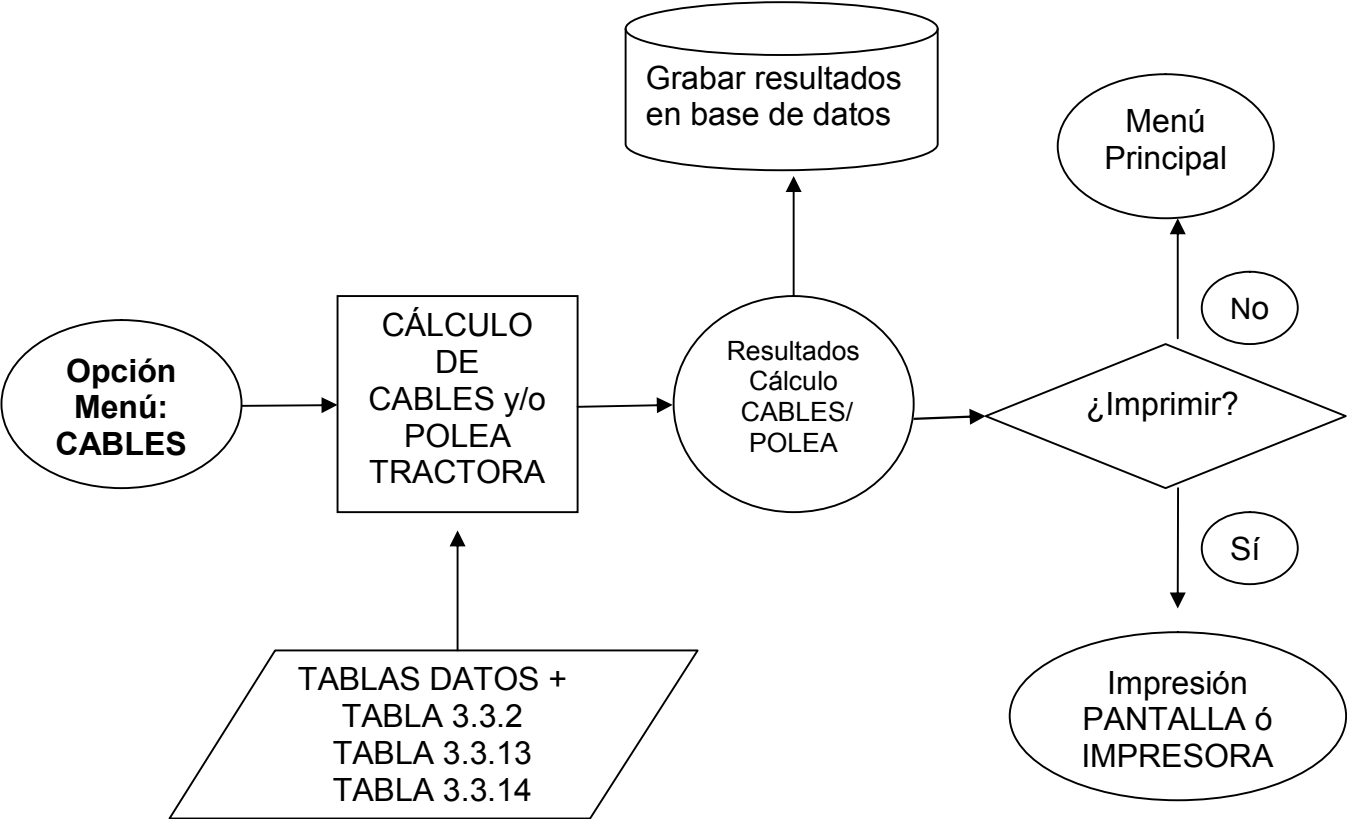
- OPCIÓN GUÍAS

Permite realizar el cálculo estructural de las guías del ascensor partiendo de los datos introducidos en la opción anteriormente analizada.



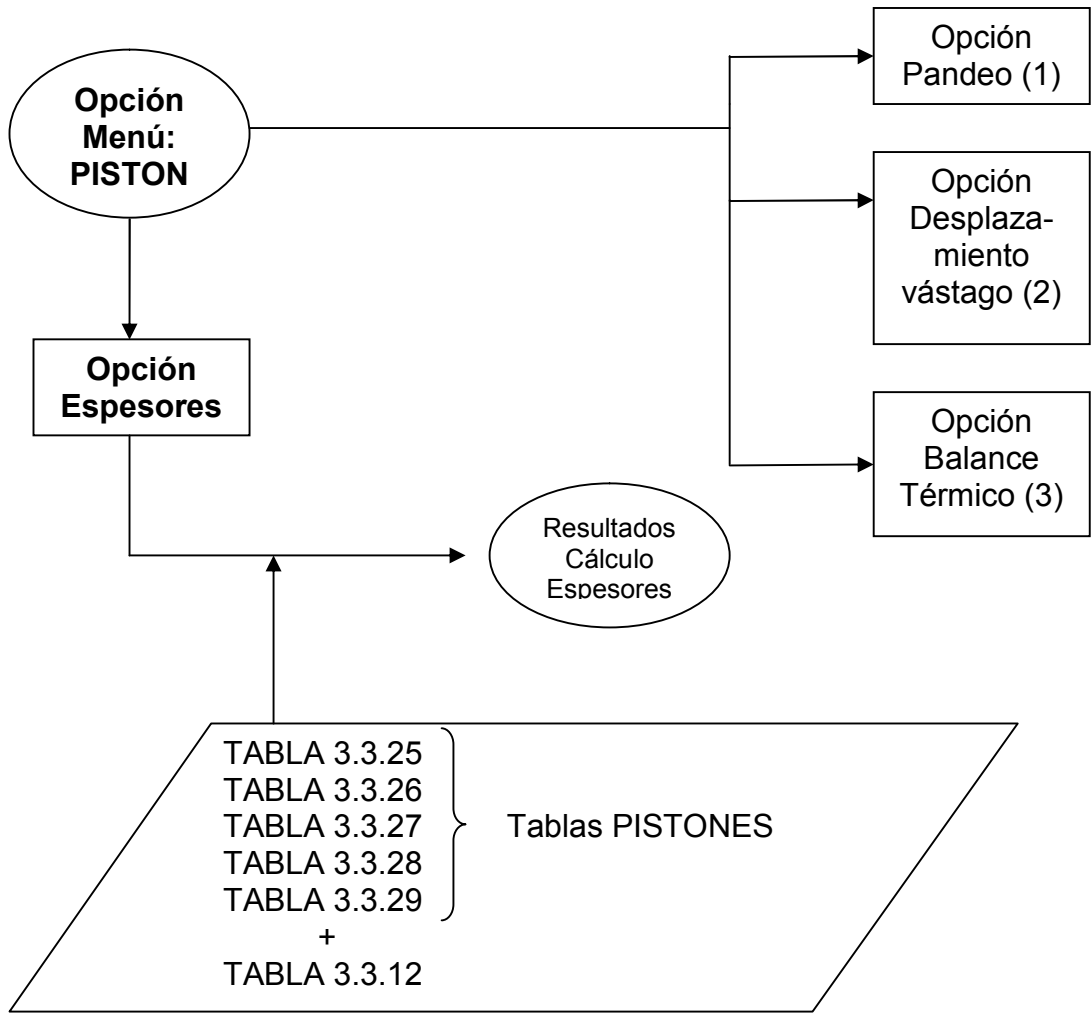
- OPCIÓN CABLES

Con esta opción se realiza el cálculo automático de los cables de suspensión del ascensor, así como de la polea por donde éstos deben discurrir.

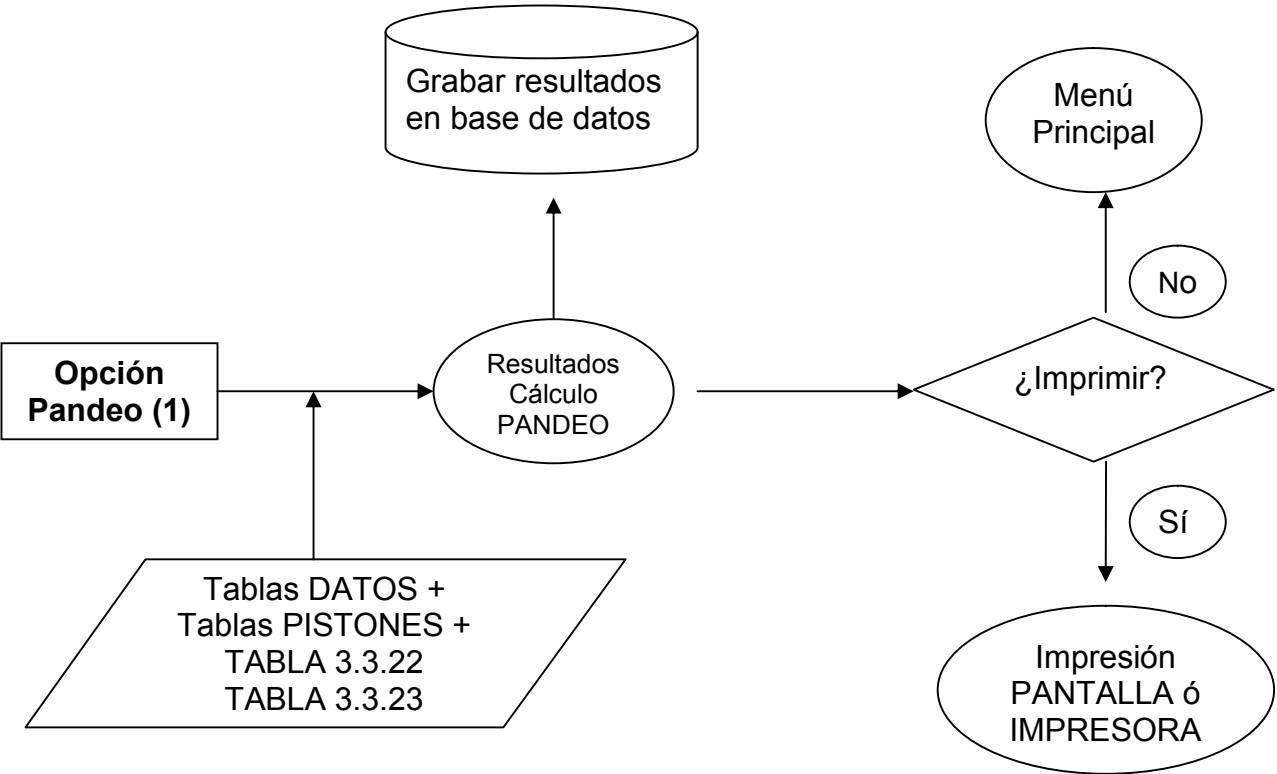


- OPCIÓN PISTONES

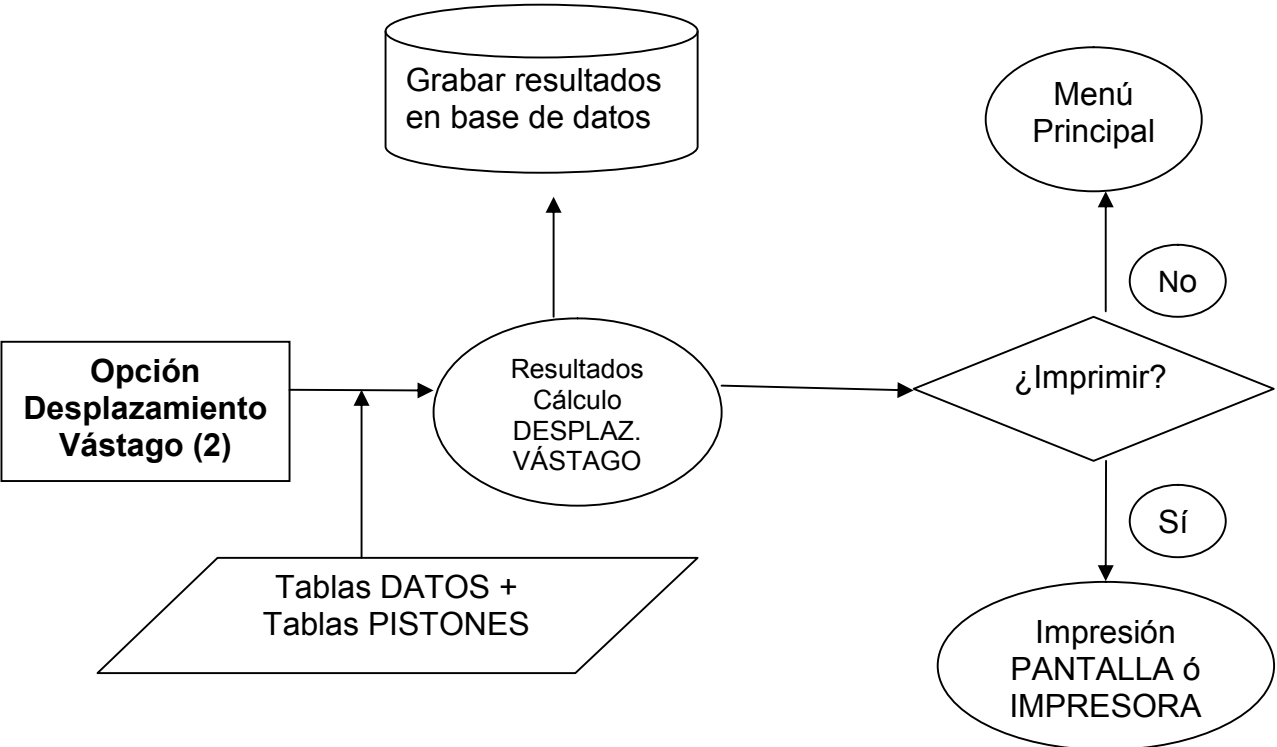
Aquí se realizan los cálculos estructurales y térmicos necesarios para determinar el pistón necesario con las condiciones especificadas en el apartado de introducción de datos.



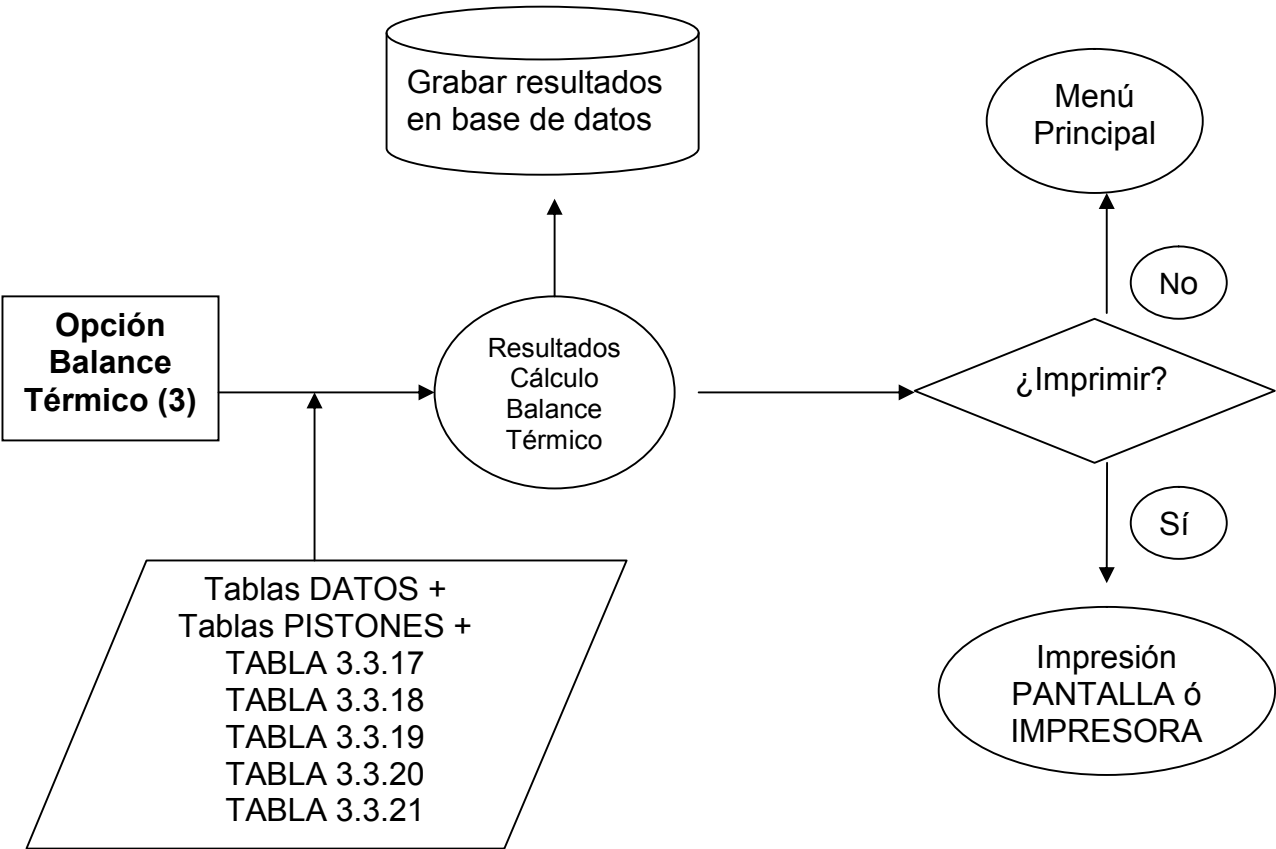
El flujo seguido para el cálculo a pandeo es el siguiente:



Igualmente tenemos la secuencia de cálculo de la opción número 2:
Desplazamiento del vástago.

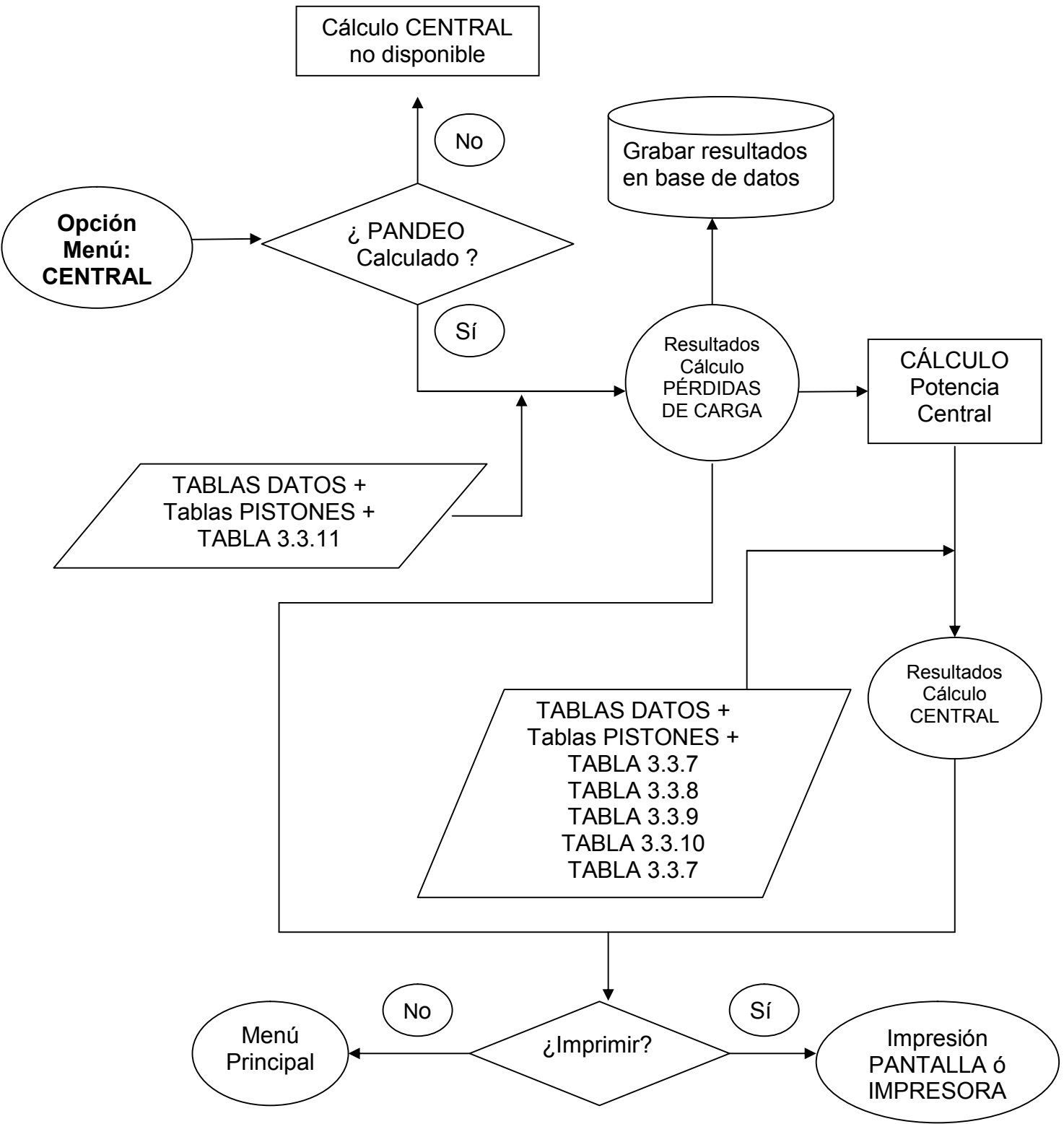


Y en la última opción tenemos el diagrama de flujo para el cálculo del balance térmico de la instalación



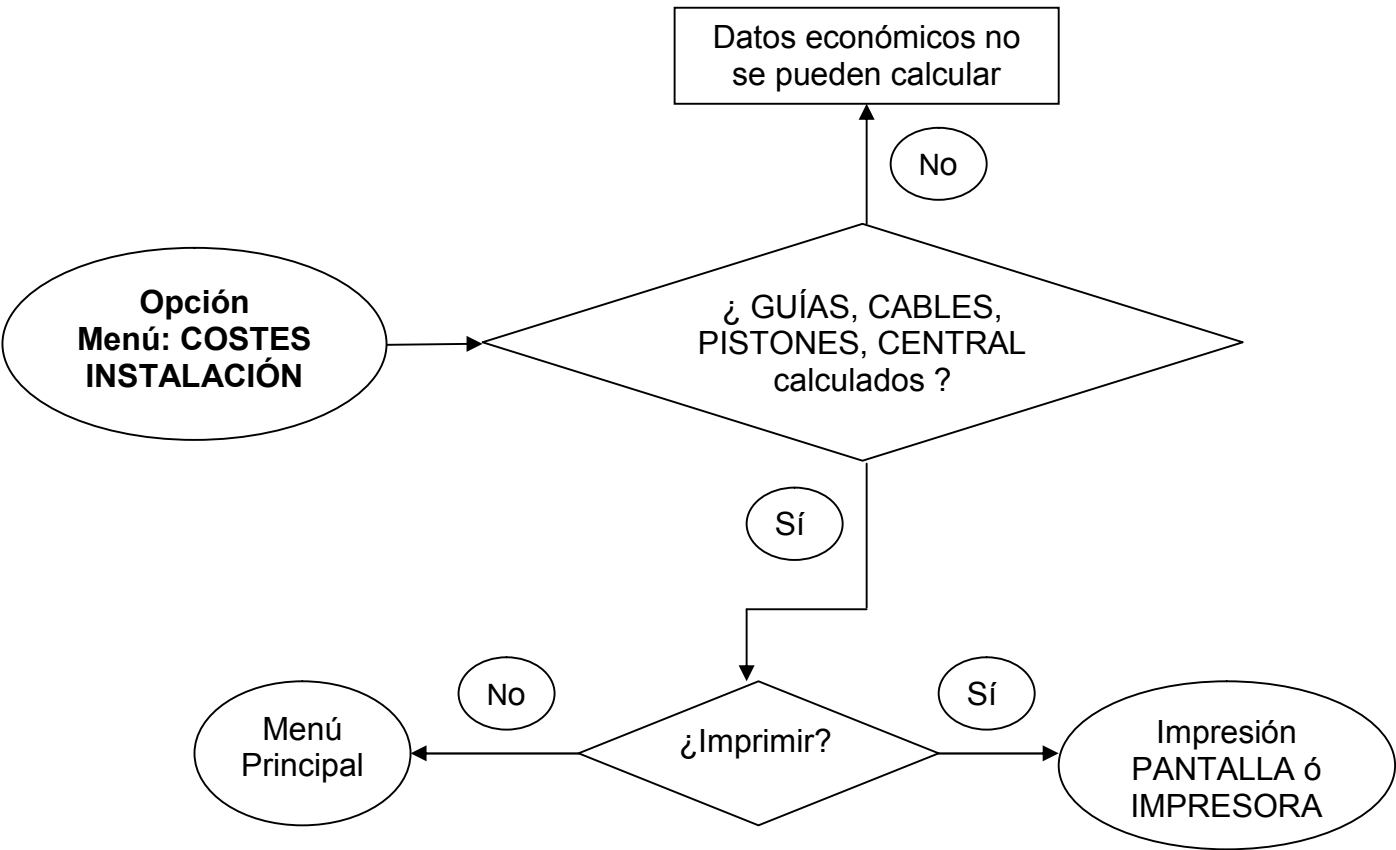
- OPCIÓN CENTRAL / BOMBA

Con esta opción podemos calcular potencias para la central de presión así como pérdidas de carga en las conducciones.



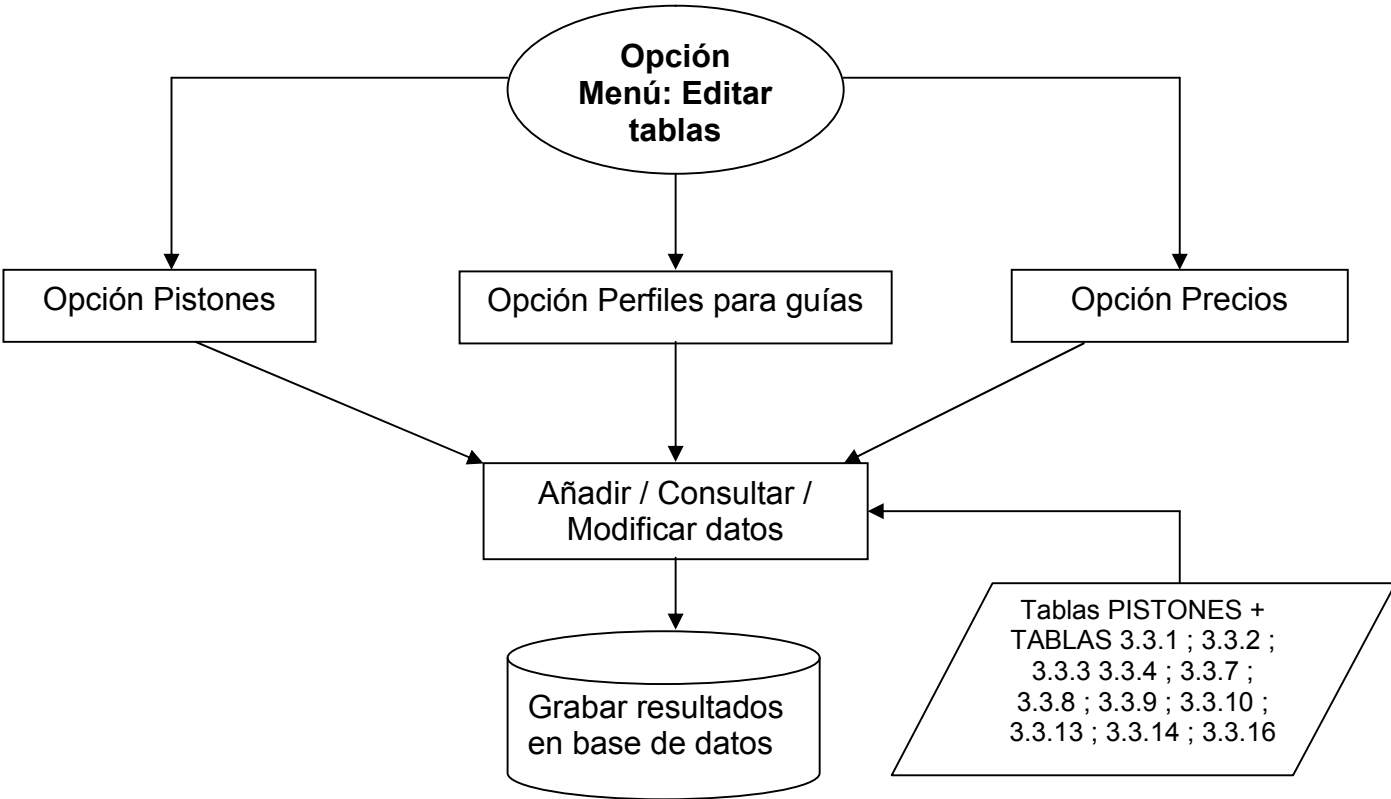
- OPCIÓN COSTES INSTALACIÓN

A continuación se muestra una opción esencial del programa: la estimación económica de nuestra instalación.



- OPCIÓN EDITAR TABLAS

Esta opción es de gran utilidad, ya que permite realizar cambios en la base de datos usada por el programa, para adaptarla a nuevas necesidades en cuanto a materiales, diseños de perfiles diferentes, precios, etc.



CAPÍTULO 4

NORMATIVA



4. NORMATIVA.

La normativa a la que se refiere este proyecto es la norma Europea EN 81-2 titulada “REGLAS DE SEGURIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE ASCENSORES. PARTE 2. ASCENSORES HIDRÁULICOS” y publicada por AENOR en Agosto de 1998 y adoptada por el COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN (CEN) el 21 de Febrero de 1998.

4.1. Objeto y campo de aplicación.

“Esta norma especifica las prescripciones de seguridad para la construcción e instalación de ascensores hidráulicos, instalados permanentemente, de nueva instalación que sirvan niveles definidos, teniendo una cabina destinada para el transporte de personas o de personas y carga, suspendida por cilindros hidráulicos, cables o cadenas y desplazándose entre guías, con inclinación no mayor de 15° sobre la vertical.”

Esta norma no incluye:

- Ascensores de tracción distinta a la anteriormente especificada
- Ascensores hidráulicos en edificios existentes donde el espacio disponible no lo permita;
- Modificaciones importantes en un ascensor ya instalado con anterioridad a la aplicación de esta norma;
- Aparatos elevadores tales como: paternosters, ascensores de minas, elevadores para máquinas de teatro, aparatos de enganche (skips), elevadores de construcción de edificios o de obras públicas, elevadores en barcos, plataformas petrolíferas y para estructuras en mantenimiento;
- Instalaciones cuya inclinación sobre la vertical es superior a los 15°;

- seguridad durante el transporte, instalación, reparación y desmontaje de ascensores;
- ascensores hidráulicos con una velocidad nominal superior a 1 m/s.

No obstante, esta Norma puede tomarse como referencia.

El ruido y las vibraciones no se han considerado en esta Norma en tanto no supongan factores significativos para el uso seguro del ascensor.

El objeto de este proyecto no consiste en hacer uso de toda la normativa si no únicamente de aquella parte en la que entran en juego cálculos estructurales para guías y cilindros. El resto de cálculos que se incluyen en la herramienta informática que aquí nos ocupa no han sido extraídos de la norma anteriormente mencionada; proceden de formulación experimental de distintos fabricantes de componentes. No obstante, el cálculo de todos los elementos que no aparecen en la norma se ha considerado de utilidad suficiente como para incluirlos en este proyecto.

Ciertos elementos que aparecen en la norma no han sido considerados ni incluidos en la herramienta de cálculo debido a que pertenecen más a cálculos arquitectónicos y no mecánicos. Entre ellos tenemos:

- Cálculo de la resistencia de las paredes del hueco
- Cálculo de la resistencia del foso
- Cálculo de la resistencia del techo
- Cálculo de los espacios superiores de seguridad (recorrido superior)
- Cálculo de las carreras admisibles para los amortiguadores de foso.
- Cálculo de cargas de viento cuando los ascensores circulan por el exterior. Es el caso de las cabinas panorámicas que encontramos hoy en día en multitud de fachadas de edificios.

4.2. Cálculo de guías.

En este apartado se detallan los cálculos necesarios para la elección del perfil de guía más adecuado según las solicitudes de carga que se requieran. Se hace notar que el proceso que aquí seguiremos es el que habría que seguir manualmente cada vez que se cambien las variables de diseño. Nuestra herramienta informática hará el trabajo que ahora comenzamos a describir y lo hará automáticamente cada vez que modifiquemos cualquier variable que afecte al cálculo de las guías.

Las guías han de dimensionarse teniendo en cuenta los esfuerzos de flexión y de pandeo que provocan las cargas implicadas y que iremos detallando según se hagan necesarias en las fórmulas de cálculo.

Para el cálculo de las guías se distinguen según la normativa dos estados o casos de carga:

- Uso normal
- Carga actuando un dispositivo de seguridad.
- Carga y uso normal

La primera se refiere a la formulación que ha de llevarse a cabo cuando el movimiento de la cabina es el de funcionamiento normal; el segundo hace referencia al funcionamiento del ascensor cuando actúa el paracaídas de seguridad; esto se produce cuando el conjunto chasis-cabina sobrepasa un porcentaje estipulado el valor de la velocidad nominal. Las condiciones que han de cumplir las guías en este caso, son, lógicamente más restrictivas que las de funcionamiento normal, ya que los esfuerzos a los que se ven sometidas las guías son más altos, no siendo válidos, en la mayoría de los casos los cálculos efectuados para el funcionamiento en uso normal. El tercer caso es el cálculo que hay que llevar a cabo cuando se está cargando la cabina; en esta

situación, la carga que se introduce provoca un esfuerzo en las guías de la cabina así como el la pisadera (o zona de entrada a la cabina) de ésta.

Empezaremos por el cálculo a flexión, en el que hay que tener en cuenta que su valor depende:

- Del tipo de suspensión de la cabina (1:1 o 2:1).
- De la posición de las guías de la cabina
- De la carga y su distribución en la cabina.

Además, hay que asumir para el cálculo ciertas condiciones:

- Que las guías son una viga continua con puntos flexibles de fijación a una distancia que llamaremos “ l ”.
- Que la fuerza resultante de los esfuerzos que causan pandeo actúan en el punto medio de dos fijaciones adyacentes;
- Que el momento de flexión actúa en el eje neutro del perfil de la guía.
- Los cálculos se aplican para el caso de vigas apoyadas en su parte inferior. Para el caso de vigas colgadas del techo habría que cambiar el cálculo de los esfuerzos de pandeo por esfuerzos de tracción. Por ser hoy día de poco uso, nos limitamos al caso de vigas apoyadas.

4.2.1. Esfuerzos de flexión

Una vez realizadas estas puntualizaciones, las fórmulas usadas para el cálculo de los esfuerzos de flexión son:

$$\sigma_m = \frac{M_m}{W} \qquad M_m = \frac{3 \times F_b \times l}{16}$$

σ_m = coeficiente de trabajo a flexión en N/mm^2

M_m = Momento de flexión en $\text{N} \times \text{mm}$.

W = momento de inercia de la sección en mm^3

l = distancia máxima entre fijaciones de guías en mm.

F_b = Fuerza en Newton aplicada a las guías por las rozaderas en los distintos casos de carga en cabina

En el caso de usar más de dos guías se permite considerar, según la norma, que las fuerzas de flexión se reparten por igual entre todas las guías, lógicamente, si todas ellas son iguales.

Estas fórmulas han de ser aplicadas en las dos direcciones de trabajo del perfil de guía, en este caso X e Y, para la comprobación de los esfuerzos de flexión en estas dos direcciones, es decir:

$$\sigma_x = \frac{M_x}{W_x} \quad M_x = \frac{3 \times F_y \times l}{16}$$

$$\sigma_y = \frac{M_y}{W_y} \quad M_y = \frac{3 \times F_x \times l}{16}$$

En estas fórmulas, la distancia entre fijaciones (l) vendrá determinada por la experiencia. Su valor debe ser introducido en el programa aunque no sepamos si cumplirá con los límites que impone la normativa. Simplemente disminuyendo su valor, es decir, haciendo que las fijaciones estén más cerca unas de otras, conseguiremos reducir los esfuerzos de flexión así como cuando reducimos la distancia entre dos puntos de apoyo cuando hay una carga centrada entre ambos.

Los momentos de inercia resistentes para la sección de la guía vienen determinados por el tipo de guía y han de ser tomados de las

tablas de los perfiles de guía. El programa contiene los datos estructurales de todos los tipos de guía que se usan normalmente y que ya fueron comentados en un apartado anterior.

La única variable que faltaría por averiguar en nuestras ecuaciones anteriores es F_b . Su valor depende de la situación de la cabina respecto a las guías y de la localización de los centros de gravedad de las cargas que tengamos en la instalación y que puedan provocar flexiones o pandeo en las guías. Para su cálculo se emplean las fórmulas:

$$F_x = \frac{k_1 \times g_n \times (Q \times x_q + P \times x_p)}{n \times h}$$

$$F_y = \frac{k_1 \times g_n \times (Q \times y_q + P \times y_p)}{\frac{n}{2} \times h}$$

Siendo:

k_1 = factor de impacto según el cuadro 1

g_n = aceleración de la gravedad (m/s^2)

Q = Carga nominal (kg.)

P = masas de la cabina vacía y los componentes que le cuelgan, cuando proceda, por ejemplo, parte del cordón de maniobra, cables, etc.

n = número de guías empleadas

h = distancia entre rozaderas de cabina

x_p, y_p = coordenadas de la masa P

x_q, y_q = coordenadas de la masa Q

El cálculo de P se realiza atendiendo a la suma siguiente:

P = peso del cordón de maniobra + (numero de embarques * peso del operador) + peso de la cabina + peso del chasis.

El cordón de maniobra es el conjunto de cables que van unidos a la cabina para proporcionar corriente y hacer funcionar la iluminación de cabina, las botoneras y todo lo que necesite de alimentación eléctrica en la cabina del ascensor. Su longitud depende del recorrido del ascensor ya que va solidariamente unido a la cabina de éste. El segundo término de la suma hace referencia al peso de cada mecanismo de apertura de puertas, que debe ser multiplicado por el número de accesos o puertas que tenga el ascensor. El peso de la cabina y del chasis hay que tomarlo de los catálogos de los fabricantes; el programa se encarga de extraer los datos cuando se selecciona la carga nominal de la cabina y el tipo de chasis que queremos usar.

Las masas P y Q normalmente no se encontrarán situadas en el centro de gravedad de la cabina, por lo cual han de considerarse los efectos de su posición para el cálculo; estos son los factores X_p , Y_p , X_q e Y_q que hay que determinar. Su valor es función del tipo de cabina y de su guiado. A continuación se muestran los diferentes tipos de instalación para las cabinas así como los valores de los factores X_p , Y_p , X_q , Y_q :

1. Cabina guiada simétricamente y suspendida de su centro

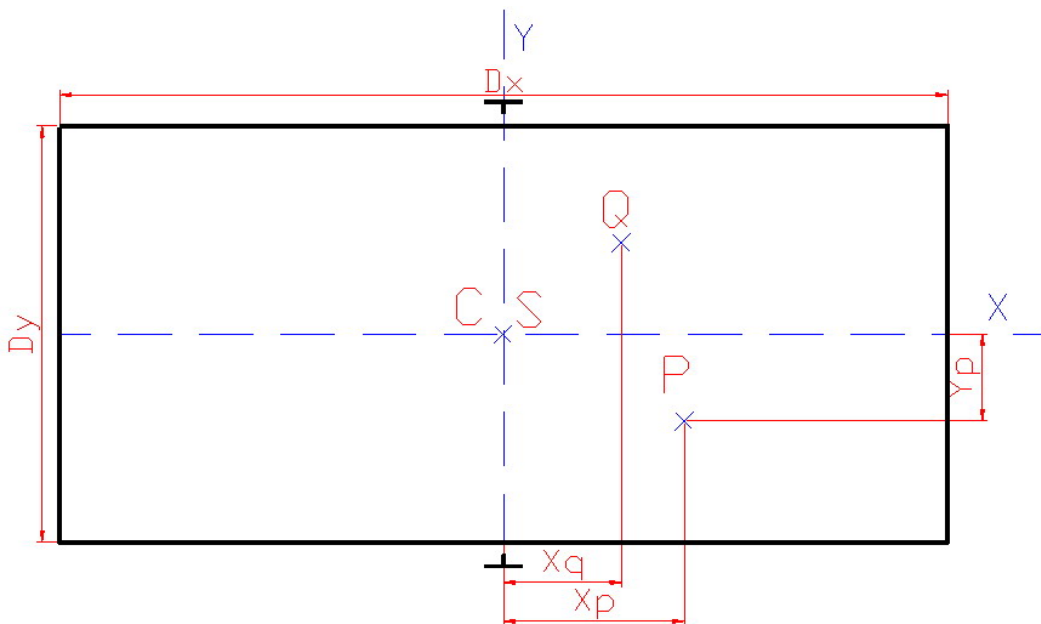


Ilustración 7

En este caso, cuando P y Q están situados del mismo lado, representan el caso más desfavorable, igual que cuando Q está situada en el eje de las X.

Los valores de los factores son:

$$Xq = \frac{Dx}{8}, \text{ para el cálculo de flexión respecto al eje X}$$

$$Yq = 0$$

$$Yq = \frac{Dy}{8}, \text{ para el cálculo de flexión respecto al eje Y}$$

$$Xq = 0$$

2. Cabina con guías y órganos de suspensión descentrados

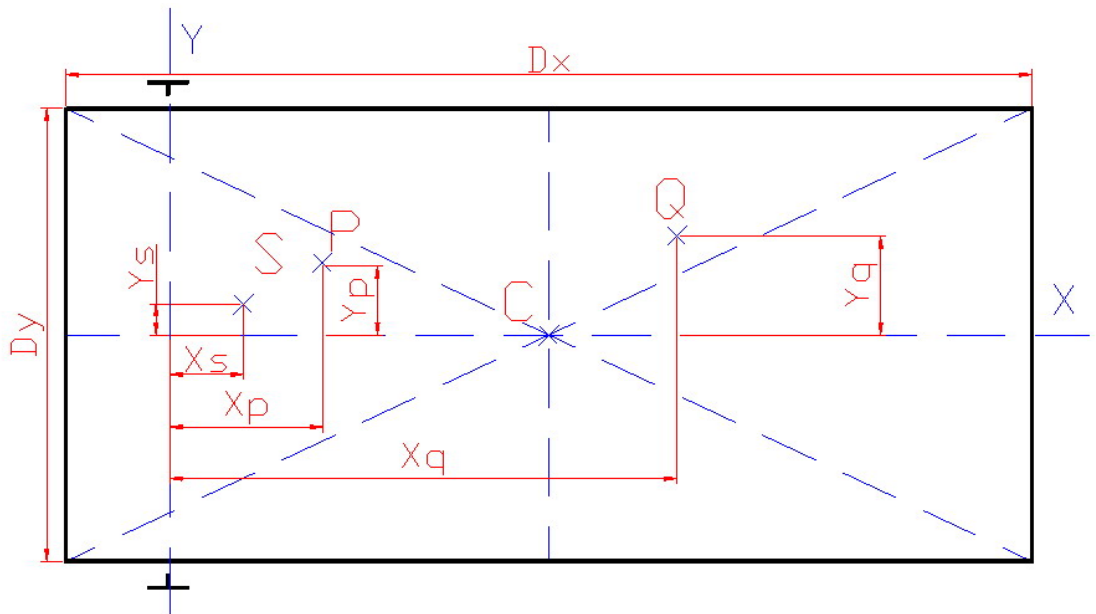


Ilustración 8

Para este caso, tenemos que:

$$Xq = Xc + \frac{Dx}{8}, \text{ para la flexión respecto al eje X}$$

$$Yq = Yc = Yq = Ys = 0$$

$$Yq = \frac{Dy}{8}, \text{ para el cálculo de flexión respecto al eje Y}$$

$$Xc = Xq$$

3. Cabina de mochila con respecto a las guías y a la suspensión

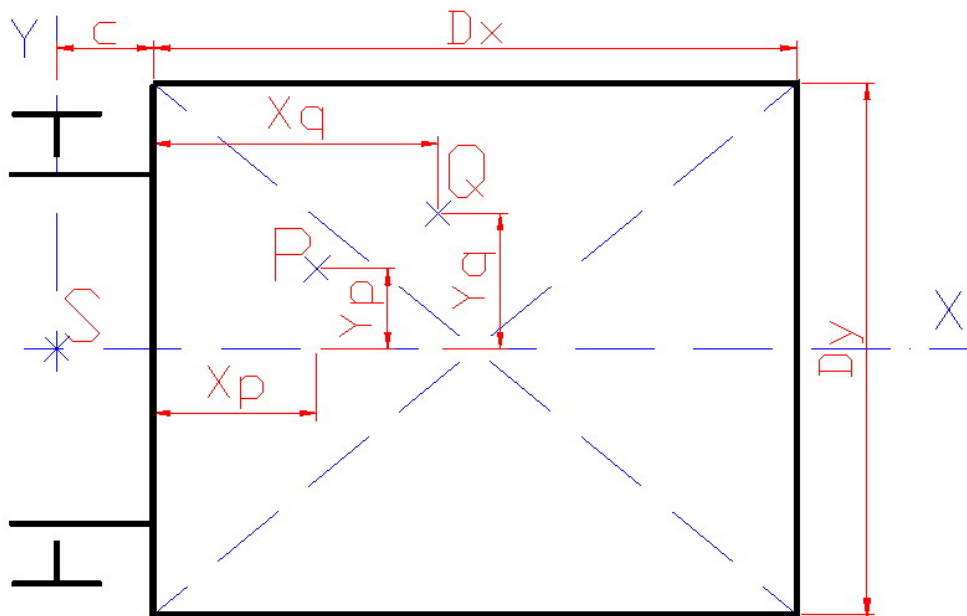


Ilustración 9

$$Xp > 0 \quad Yp = 0$$

$$Xq = c + \frac{5}{8} \times Dx \quad Yq = 0, \text{ para la flexión respecto al eje X}$$

$$Xp > 0 \quad Yp = 0$$

$$Xq = c + \frac{Dx}{2} \quad Yq = \frac{1}{8} \times Dy, \text{ para la flexión respecto al eje Y}$$

C: distancia entre el centro de las guías y la parte más cercana de la cabina, como se muestra en la figura.

4. Cabina panorámica.

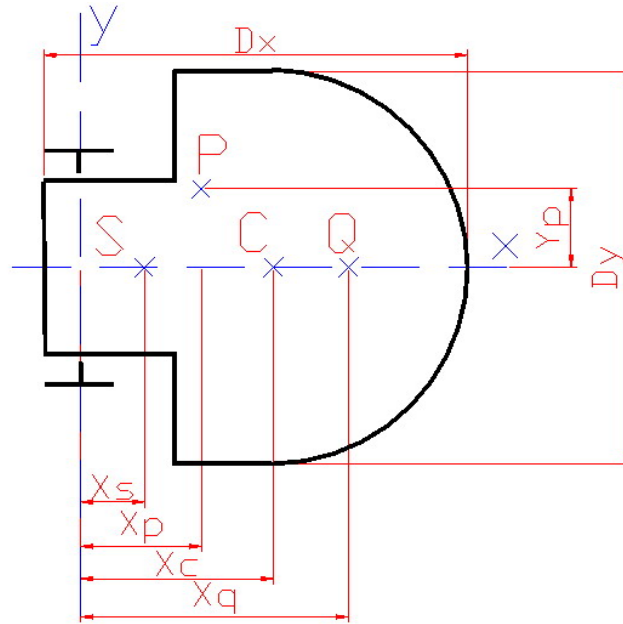


Ilustración 10

$$X_q = \frac{3}{4} \times \text{Area de la cabina}$$

, para la flexión respecto al eje X

$$Y_q = 0$$

$$X_q = \frac{3}{4} \times \text{Area de la cabina}$$

, para la flexión respecto al eje Y

$$Y_q = \frac{3}{4} \times \text{Area de la cabina}$$

El valor de h hay que tomarlo de los catálogos de fabricantes de cabina, y serán distintos dependiendo del chasis que se elija. El programa tiene datos del valor de h para bastantes modelos de chasis comúnmente utilizados. No obstante, el programa permite añadir nuevos tipos de chasis y modificar sus variables más características.

<i>Impacto por</i>	<i>Factor de impacto</i>	<i>Valor</i>
Actuación de paracaídas instantáneo o dispositivo de bloqueo, excepto de tipo de rodillo	k1	5
Actuación de paracaídas instantáneo o dispositivo de bloqueo de tipo rodillo o dispositivo de retención acumulación de energía tipo amortiguador y amortiguador de disipación de energía		3
Actuación de paracaídas progresivo, dispositivo de bloqueo progresivo, dispositivo de retén con amortiguador de disipación de energía y amortiguador de disipación de energía		2
Válvula paracaídas		2
Funcionando	k2	1,2
Partes auxiliares	k3	Fijado por el instalador del ascensor. Depende de la instalación

Cuadro 1: Factores de impacto

4.2.2. Esfuerzos de pandeo

Una vez calculados los esfuerzos de flexión, es necesario calcular los esfuerzos de pandeo en las guías. Se emplea el cálculo por el “método omega”, con la aplicación de las siguientes fórmulas:

$$F_k = \frac{k_1 \times g_n \times (P + Q)}{n}$$
$$\sigma_k = \frac{F_k + (k_1 \times M) \times \omega}{A} ; \text{ para las guías de la cabina}$$

$$F_c = \frac{k_1 \times g_n \times (P + q \times Q)}{n}$$
$$\sigma_c = \frac{F_c + (k_3 \times M) \times \omega}{A} ; \text{ para las guías del contrapeso.}$$

Siendo:

σ_k = coeficiente de trabajo al pandeo (N/mm²)

F_k = Fuerza de pandeo (N) en la guía de cabina

F_c = Fuerza de pandeo (N) en la guía de contrapeso

k_3 = Factor de impacto según el cuadro 1

M = fuerza (N) en la guía debido equipos auxiliares.

A = Area de la sección del perfil de guía (mm²)

ω = valor omega (que debe ser calculado)

Hay que hacer notar que el cálculo de F_c y σ_c no son realizados por el programa ya que no tiene aplicación práctica un ascensor hidráulico dotado de contrapeso. Esto es debido a que en el ascensor hidráulico el pistón sube todo el peso de la cabina y la carga, a diferencia

del ascensor eléctrico, en donde el peso de la cabina y la carga está equilibrado con el contrapeso, lo cual hace que la potencia necesaria para mover el aparato sea menor por el equilibrado que proporciona el contrapeso. En el caso del ascensor eléctrico el motor funciona tanto en subida como en bajada pero el ascensor hidráulico no necesita del funcionamiento del motor en bajada ya que es el propio peso de la cabina y su carga el que provoca la bajada mediante el retorno del fluido hidráulico al depósito de aceite.; si tuviera contrapeso, habría que vencer en bajada el equilibrio proporcionado por el contrapeso; sólo en subida se obtendría un ahorro de energía así como la necesidad de un motor de menor potencia.

El valor de omega puede calcularse de dos formas diferentes:

- Por tablas ó
- Por aproximación con ecuaciones polinómicas.

La norma da libertad para elegir uno otro método; en este caso se elige el método de tablas. El método omega consiste en hallar el valor omega en función de la esbeltez del perfil que consideremos y la resistencia del acero del que está compuesto. Así, la norma nos ofrece datos para el cálculo con aceros de resistencia 370 N/mm^2 y para 520 N/mm^2 , los cuales mostramos a continuación para las comprobaciones mediante cálculos manuales:

Para aceros de resistencia 370 N/mm^2 tenemos la siguiente tabla:

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05	1,06	1,06	1,07	1,07	1,08
30	1,08	1,09	1,09	1,1	1,1	1,11	1,11	1,12	1,13	1,13
40	1,14	1,14	1,15	1,16	1,16	1,17	1,18	1,19	1,19	1,2
50	1,21	1,22	1,23	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27	1,28	1,29
60	1,3	1,31	1,32	1,33	1,34	1,35	1,36	1,37	1,39	1,4
70	1,41	1,42	1,44	1,45	1,46	1,48	1,49	1,5	1,52	1,53
80	1,55	1,56	1,58	1,59	1,61	1,62	1,64	1,66	1,68	1,69
90	1,71	1,73	1,74	1,76	1,78	1,8	1,82	1,84	1,86	1,88
100	1,9	1,92	1,94	1,96	1,98	2	2,02	2,05	2,07	2,09
110	2,11	2,14	2,16	2,18	2,21	2,23	2,27	2,31	2,35	2,39
120	2,43	2,47	2,51	2,55	2,6	2,64	2,68	2,72	2,77	2,81
130	2,85	2,9	2,94	2,99	3,03	3,08	3,12	3,17	3,22	3,26
140	3,31	3,36	3,45	3,41	3,5	3,55	3,6	3,65	3,7	3,75
150	3,8	3,85	3,9	3,95	4	4,06	4,11	4,16	4,22	4,27
160	4,32	4,38	4,43	4,49	4,54	4,6	4,65	4,71	4,77	4,82
170	4,88	4,94	5	5,05	5,11	5,17	5,23	5,29	5,35	5,41
180	5,47	5,53	5,59	5,66	5,72	5,78	5,84	5,91	5,97	6,03
190	6,1	6,16	6,23	6,29	6,36	6,42	6,49	6,55	6,62	6,69
200	6,75	6,82	6,89	6,96	7,03	7,1	7,17	7,24	7,31	7,38
210	7,45	7,52	7,59	7,66	7,73	7,81	7,88	7,95	8,03	8,1
220	8,17	8,25	8,32	8,4	8,47	8,55	8,63	8,7	8,78	8,86
230	8,93	9,01	9,09	9,17	9,25	9,33	9,41	9,49	9,57	9,65
240	9,73	9,81	9,89	9,97	10,05	10,14	10,22	10,3	10,39	10,47

Y para aceros de resistencia 520 N/mm²:

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	1,06	1,06	1,07	1,07	1,08	1,08	1,09	1,09	1,1	1,11
30	1,11	1,12	1,12	1,13	1,15	1,16	1,16	1,17	1,17	1,18
40	1,19	1,19	1,2	1,21	1,22	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27
50	1,28	1,3	1,31	1,32	1,33	1,35	1,36	1,37	1,39	1,4
60	1,41	1,43	1,44	1,46	1,48	1,49	1,51	1,53	1,54	1,56
70	1,58	1,6	1,62	1,64	1,66	1,68	1,7	1,72	1,74	1,77
80	1,79	1,81	1,83	1,86	1,88	1,91	1,93	1,95	1,98	2,01
90	2,05	2,1	2,1	2,19	2,24	2,29	2,33	2,38	2,43	2,48
100	2,53	2,58	2,64	2,69	2,74	2,79	2,85	2,9	2,95	3,01
110	3,06	3,12	3,16	3,23	3,29	3,35	3,41	3,47	3,53	3,59
120	3,65	3,71	3,77	3,83	3,89	3,96	4,02	4,09	4,15	4,22
130	4,28	4,35	4,41	4,48	4,55	4,62	4,69	4,75	4,82	4,89
140	4,96	5,04	5,11	5,18	5,25	5,33	5,4	5,47	5,55	5,62
150	5,7	5,78	5,85	5,93	6,01	6,09	6,16	6,24	6,32	6,4
160	6,48	6,57	6,65	6,73	6,81	6,9	6,98	7,06	7,15	7,23
170	7,32	7,41	7,49	7,58	7,67	7,76	7,85	7,94	8,03	8,12
180	8,21	8,3	8,39	8,48	8,58	8,67	8,76	8,86	8,95	9,05
190	9,14	9,24	9,34	9,44	9,63	9,73	9,73	9,83	9,93	10,03
200	10,13	10,23	10,34	10,44	10,54	10,65	10,75	10,85	10,96	11,06
210	11,17	11,28	11,38	11,49	11,6	11,71	11,82	11,93	12,04	12,15
220	12,26	12,37	12,48	12,6	12,71	12,82	12,94	13,05	13,17	13,28
230	13,4	13,52	13,63	13,75	13,87	13,99	14,11	14,23	14,35	14,47
240	14,59	14,71	14,83	14,96	15,08	15,2	15,33	15,45	15,58	15,71
250	15,83									

Para el cálculo de los valores omega en aceros con resistencias entre 370 y 520 N/mm² debe emplearse la siguiente fórmula:

$$\omega_R = \left[\frac{\omega_{520} - \omega_{370}}{520 - 370} \times (R_m - 370) \right] + \omega_{370}$$

Para otros tipos de aceros, el valor omega debe ser propuesto por el fabricante.

Se necesita conocer el valor de λ para poder hallar el valor de omega, siendo λ el coeficiente de esbeltez del perfil de guía. Se usa la ecuación:

$$\lambda = \frac{l_k}{i} \quad l_k = l$$

Siendo

l_k = longitud de pandeo (mm.);

i = radio de giro mínimo (mm.)

l_k = distancia máxima entre fijaciones de guía (mm.)

La longitud de pandeo es igual a la distancia máxima entre fijaciones de guía debido a que se modela la guía del ascensor como una viga vertical fijada en dos extremos (cada una de las fijaciones) y sobre la que actúa una carga vertical situada en su fijación superior que es la que provoca el pandeo de la guía. El radio de giro mínimo es un valor que se obtiene de los datos del perfil de guía. Es el valor mínimo entre el radio de giro del perfil en el eje X y el radio de giro del perfil en el eje Y. A continuación mostramos una parte de los datos de los perfiles para realizar este cálculo:

Designación	Radio giro X (cm.)	Radio giro Y (cm.)
127 x 88.9 x 15.88	2,86	2,85
65 x 54 x 8	1,79	1,32
70 x 65 x 9	2,1	1,41
90 x 65 x 14	2,04	1,93
90 x 75 x 16	2,44	1,82

Una vez calculado λ ya podemos calcular el valor de omega con las tablas anteriores. Si, por ejemplo, $\lambda=22$ con un acero de resistencia 370 N/mm^2 , para escoger el valor de omega en la tabla deberíamos ir a la columna donde λ aparece expresado en decenas entre 20 y 240 y escoger la decena o centena más cercana al valor de λ (en este caso 20); luego procedemos a escoger la unidad del valor de λ , (en este caso 2), y nos da un valor de $\lambda=1,04$. Este valor es el que debemos introducir en las fórmulas que calculan los esfuerzos de pandeo.

Como los efectos de la flexión y el pandeo pueden ocurrir al mismo tiempo, la norma nos insta a hacer el cálculo de los coeficientes de trabajo combinados a flexión y pandeo. Se usan las fórmulas siguientes:

$$\sigma_m = \sigma_x + \sigma_y \leq \sigma_{perm}$$

$$\sigma = \sigma_m + \frac{F_k + k_3 \times M}{A} \leq \sigma_{perm} \quad \text{Coeficiente de trabajo a la flexión y compresión para las guías de la cabina}$$

$$\sigma = \sigma_m + \frac{F_c + k_3 \times M}{A} \leq \sigma_{perm} \quad \text{Coeficiente de trabajo a la flexión y compresión para las guías del contrapeso}$$

$$\sigma_c = \sigma_k + 0.9 \times \sigma_m \leq \sigma_{perm}$$

Siendo:

- σ_m = coeficiente de trabajo a la flexión (N/mm²)
- σ_x = coeficiente de trabajo a la flexión (N/mm²) en el eje X
- σ_y = coeficiente de trabajo a la flexión (N/mm²) en el eje Y
- σ_{perm} = coeficiente de trabajo máximo permisible (N/mm²) para el tipo de acero
- σ_k = coeficiente de trabajo de pandeo (N/mm²)
- F_k = Fuerza de pandeo (N) en la guía de la cabina
- F_c = Fuerza de pandeo (N) en la guía de contrapeso
- k_3 : factor de impacto según el cuadro nº 1
- M = fuerza (N) en la guía debido a equipo auxiliar
- A = área de la sección transversal de la guía (mm²)

Los valores de σ_{perm} se determinan con las siguientes tablas:

Rm (N/mm2)		
Tipo acero	Uso NORMAL	Con Dispositivo mecanico
370	165	205
440	195	244
520	230	290

Clases de carga	Coeficiente de seguridad (St)
Carga en uso normal	3.75
Carga actuando un dispositivo mecánico de parada (paracaídas)	3.0

Siendo $\sigma_{perm}=R_m/St$.

En todas estas ecuaciones obtenemos valores de tensiones combinadas por esfuerzos de flexión y pandeo que deben ser siempre menores que la tensión admisible de trabajo para el perfil con el que estemos trabajando.

4.2.3. Torsión de la base de guía

Según la norma, la torsión del perfil de la guía debe ser también tenida en cuenta, para lo cual se emplea la ecuación:

$$\sigma_F = \frac{1.85 \times F_x}{c^2} \leq \sigma_{perm}$$

Siendo:

σ_F = coeficiente de trabajo local de torsión (N/mm²)

F_x = fuerza (N) ejercida por la rozadura sobre la base

c = ancho de la parte de conexión de la base con la cabeza de la guía (mm.)

σ_{perm} = coeficiente de trabajo permisible (N/mm²)

Es decir, que el valor de la torsión que hallemos con esta fórmula también ha de ser menor que el valor máximo de tensión permisible para el perfil.

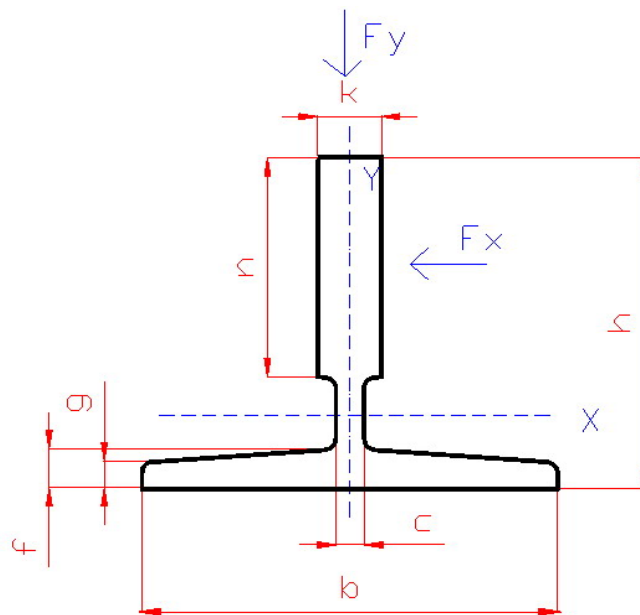


Ilustración 11: Ejes del perfil de guía.

4.2.4. Cálculo de flechas.

Las flechas se deben calcular según las fórmulas siguientes:

$$\delta_x = 0.7 \times \frac{F_x \times l^3}{48 \times E \times I_y}$$

$$\delta_y = 0.7 \times \frac{F_y \times l^3}{48 \times E \times I_x}$$

Siendo:

δ_x = Flecha (mm.) en el eje Y - Y

δ_y = Flecha (mm.) en el eje X - X

F_x = Fuerza ejercida (N) en el eje Y - Y

F_y = Fuerza ejercida (N) en el eje X - X

l = máxima distancia entre fijaciones de guía (mm.)

E = módulo de elasticidad para el acero en (N/mm²)

I_x = momento de inercia de la sección de la guía (mm⁴) en el eje Y - Y

I_y = momento de inercia de la sección de la guía (mm⁴) en el eje X - X

Las flechas máximas permitidas para los perfiles de guía tipo T son:

- 5 mm en ambas direcciones para cabina, o contrapeso, donde haya dispositivos mecánicos de parada.
- 10 mm en ambas direcciones para el contrapeso donde no haya dispositivos mecánicos de parada.

La relación de cálculos empleados en el capítulo 3.2 en sus diversos apartados son realizados automáticamente por el programa, que captura valores de distancias, momentos de inercia, resistencias permisibles etc. para efectuar un cálculo interno mediante **iteraciones**

con los distintos perfiles que se encuentran en la base de datos para encontrar el más idóneo para las variables problema que se hayan introducido. Como resultado final el programa ofrece el perfil óptimo que cumple todas las condiciones que exige la norma, tanto en funcionamiento normal como cuando actúa un dispositivo de seguridad. Los resultados pueden ser impresos para verificaciones posteriores.

4.2.5. Relación de variables usadas en el cálculo de guías

D_x = profundidad de la cabina según el eje X

D_y = profundidad de la cabina según el eje Y

X_c, Y_c = es la posición del centro (C) de la cabina en relación con las coordenadas cruzadas de las guías;

X_s, Y_s = es la posición del centro de la suspensión (S) en relación con las coordenadas cruzadas de las guías;

X_p, Y_p = es la posición de la masa (P) de la cabina en relación con las coordenadas cruzadas de las guías.

S = es el punto de suspensión de la cabina.

C = es el centro de la cabina

P = es la masa de la cabina

Q = carga nominal de la cabina

n = es el número de guías

h = es la distancia entre rozaderas de cabina

X_q, Y_q = es la distancia de la carga nominal (Q) en relación con las coordenadas cruzadas de las guías

4.3. Cálculo de los cables de suspensión.

Los cables de suspensión son los encargados de sustentar la cabina y el contrapeso del ascensor. La norma admite también el uso de cadenas de acero de mallas paralelas como método de suspensión pero el uso de cables de acero es el más habitual y es del que nos vamos a ocupar en este apartado.

La normativa pone una serie de condiciones previas que pasamos a enumerar:

- El diámetro nominal de los cables debe ser de 8 mm. como mínimo.
- La resistencia de sus alambres debe ser:
 - o 1570 N/mm^2 o 1770 N/mm^2 para cables de una sola resistencia
 - o 1370 N/mm^2 para los alambres exteriores y 1770 N/mm^2 para los alambres interiores, en los cables de dos resistencias.
- El número mínimo de cables o cadenas debe ser:
 - o Dos por cilindro en el caso de ascensor de acción directa
 - o Dos por la unión entre cabina y contrapeso

Además, los cables y las cadenas deben ser independientes, es decir, que los puntos de anclaje deben ser distintos para cada cable o cadena.

Cuando el tipo de suspensión sea diferencial, el número de cables que se considerarán en el cálculo es el número real de cables y no el de sus ramales o tramos.

Para el cálculo de los cables, la norma impone que la relación entre el diámetro primitivo de las poleas y el diámetro nominal de los cables de suspensión debe ser al menos de 40 y que el coeficiente de seguridad de los cables debe ser al menos de 12. Se define el coeficiente de seguridad como la relación entre la carga de rotura mínima (N) de un cable (o cadena) y la fuerza más grande en este cable (o cadena) cuando la cabina cargada con su carga nominal se encuentra en el nivel de parada más

bajo. Para las cadenas, el coeficiente de seguridad debe ser, al menos, de 10.

A continuación se muestran los datos necesarios para el cálculo de los coeficientes de seguridad; estos datos se han extraído de un catálogo de un fabricante nacional de cables y eslingas:

Diámetro (mm.)	Diametro efectivo (mm.)	Peso del cable (kg/m)	Carga rotura para acero de resistencia 140 kg/mm ²	Carga rotura para acero de resistencia 160 kg/mm ²	Carga rotura para acero de resistencia 180 kg/mm ²
8	8,5	0,248	3300	3800	4230
9	9,2	0,295	3950	4500	5000
10	10,8	0,346	4600	5300	5900
11	11,5	0,461	6100	7000	7870
13	13,1	0,592	7900	9000	10100

El cálculo del coeficiente de seguridad sería:

$$\text{Coeficiente seguridad} = \frac{\text{Carga de rotura del cable} \times \text{número de cables}}{P + Q}$$

El dato de Q es introducido en el programa cuando se eligen las variables de la instalación que se va a calcular; P se calcula en base a Q y al resto de variables de diseño introducidas; el número de cables se introduce manualmente y los cálculos del coeficiente de seguridad se realizan en base a los datos proporcionados al programa. No obstante, si el valor del coeficiente de seguridad es inferior a 12, el programa realiza un **cálculo automático** iterando por los distintos diámetros de cable disponibles para cumplir con un coeficiente de seguridad igual o superior a 12.

Atendiendo al criterio de que el diámetro de las poleas para los cables debe ser por lo menos 40 veces superior al diámetro de los cables, se elige la polea tractora con el diámetro más cercano que

cumpla estas condiciones. Las tablas de poleas estándar más utilizadas se muestran a continuación:

Diámetro (mm.)	Peso (kg.)
320	55
360	63
400	70
450	75
500	80

El programa nos ofrece el valor del diámetro de la polea mínimo que habría de usarse y, atendiendo a la tabla anterior, el diámetro de polea normalizada más próximo, así como el peso de la polea seleccionada, que aparece en el informe posterior impreso que el programa realiza con los cálculos realizados.

El hecho de realizar el cálculo correcto de los cables de suspensión es inútil si no se prevé el uso de un sistema para igualar la tensión de los cables, ya que, en caso contrario, un solo cable podría estar trabajando mucho más que los otros, con lo cual, las hipótesis para el cálculo no serían ciertas y algún cable podría romperse. Aunque los dispositivos de seguridad prevén este suceso, la norma impone la existencia de este **sistema de igualación de tensiones**.

El cálculo de los cables sólo se realiza para el caso de pistones simples de acción indirecta (suspensión 2:1). Los tipos de suspensión directa (pistón bajo cabina) así como los pistones telescópicos no llevan cables ni cabezal con lo cual su cálculo no hay que realizarlo.

4.4. Cálculo de pistones

Para el cálculo de los pistones se comprueban cuatro aspectos:

- **Cálculo a pandeo.** Se calcula el pistón cuando es sometido al esfuerzo provocado por el peso de la cabina y demás elementos que aquel soporta. El cálculo se realiza sobre la parte que tiene la menor resistencia a pandeo; será el émbolo en los pistones simples y el menor de los émbolos en los pistones telescópicos.
- **Cálculo de resistencia a presión.** Se comprueba que el émbolo soporta las condiciones de presión existentes en la instalación
- **Cálculo del desplazamiento del vástago.** En este apartado se calculan los desplazamientos que sufre el vástago cuando se alteran condiciones como la temperatura.
- **Cálculo de los espesores del cilindro.** Es necesario comprobar que las dimensiones constructivas del pistón cumplen las condiciones necesarias especificadas en la normativa.

4.4.1. Pistones simples.

En este apartado se ofrecen las fórmulas que intervienen en el cálculo de pistones simples, es decir, de aquellos que tienen un solo vástago. Se ha de realizar el cálculo de la resistencia a presión de la camisa del pistón así como el pandeo del vástago cuando está sometido a carga en punta.

4.4.1.1. Cálculo de resistencia a presión.

Se emplean las siguientes fórmulas:

$$p = \frac{cm \times (P + Q) + n \times P_r + n \times P_{rh}}{\frac{n \times \Pi \times d^2}{4}} \times g_n$$

$$Pr = \frac{Lp}{100} \times q + Pgs \times (N - 1)kg.$$

$$p_b = p$$

$$t_{\min} = \frac{2.3 \times 1.7 \times p}{R_{p0.2}} \times \frac{D}{2} + e_0$$

$$e_{1\min} = 0.4 \times Di \times \sqrt{\frac{2.3 \times 1.7 \times p}{R_{p0.2}}} + e_0$$

$$u_{1\min} = 1.3 \times \left(\frac{Di}{2} - r_1 \right) \times \frac{2.3 \times 1.7 \times p}{R_{p0.2}} + e_0$$

De las fórmulas anteriores, únicamente es desconocido el valor de P_r . Para su cálculo se necesita conocer la longitud total del pistón; hay que considerar el tipo de suspensión que estamos empleando y usar a continuación las fórmulas siguientes para su cálculo:

- Pistón directo o dos pistones directos:

$$L_p = L_c + Esp + Eip(cm)$$

$$L_0 = L_p + 4(cm)$$

- Pistón diferencial o dos pistones en diferencial:

$$L_p = \frac{L_c}{2} + Esp + Eip(cm)$$

$$L_0 = L_p + L1 + 4(cm)$$

Siendo:

E_{sp} = sobrerrecorrido superior del pistón (cm.)

E_{ip} = sobrerrecorrido inferior del pistón (cm.)

L_p = recorrido total del pistón (cm.)

L_c = recorrido de la cabina (cm.)

L_1 = distancia entre el eje de la polea del cabezal y la cabeza del vástago (cm.)

4 = distancia de seguridad para el recorrido del émbolo (cm.)

cm = coeficiente de suspensión ($cm = 1$: acción directa; $cm = 2$; acción indirecta)

P_r = Masa del vástago (kg.)

P_{rh} = masa del cabezal y la polea del cabezal (si existen) (kg.)

P_{gs} = masa de una unión del vástago (kg.)

n = número de pistones

N = número de piezas en las que está dividido el pistón(1,2,3)

1 para los pistones simples; 2 para los telescópicos de dos etapas y 3 para los telescópicos de tres etapas

q = masa lineal del vástago (kg./m.)

p = presión estática soportada por el émbolo a plena carga

d = diámetro exterior del pistón (mm)

p_b = presión mínima que debe suministrar una bomba para mover el émbolo

t_{min} = espesor mínimo requerido en tubos (mm)

e_{1min} = espesor mínimo para el fondo del pistón (en el centro del émbolo)

u_{1min} = espesor mínimo para el fondo del pistón (bajo ranura)

$R_{p0.2}$ = límite convencional de elasticidad (N/mm^2)

D = diámetro exterior del pistón a calcular (mm.)

D_i = diámetro interior de la camisa (mm.)

e_0 = sobreespesor de corrosión; 0,5 mm para el pistón; 1.0 mm para la camisa.

r_l = radio de la ranura de desahogo (mm.)

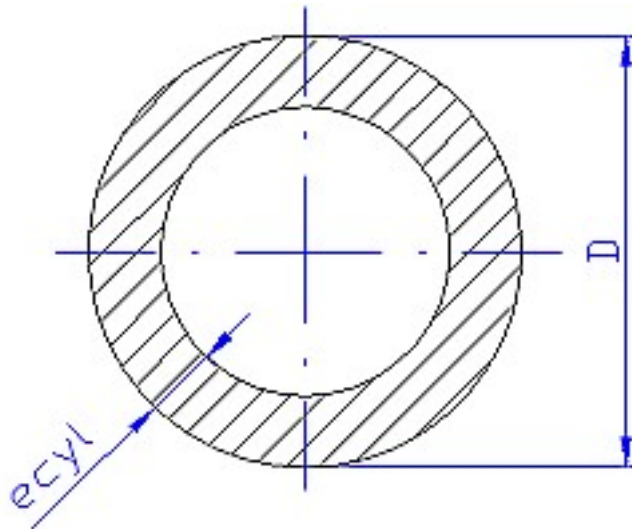


Ilustración 12: Sección de cilindro

Una vez calculado L_p y tomando de las tablas los demás datos, podemos calcular P_r y por lo tanto la presión estática máxima que soportará nuestro cilindro.

Luego es conveniente comprobar el diseño de los fondos de los cilindros para corroborar que sus espesores también soportarán la presión anteriormente calculada. Este paso podría omitirse dado que es al fabricante de pistones al que corresponde comprobar las presiones máximas que aguantan los cilindros; no obstante, nos parece de bastante utilidad comprobar el diseño de éstos.

Para verificar los fondos de los cilindros diferenciamos 3 tipos de construcciones de fondos de cilindros:

- Fondos lisos con ranuras de desahogo.

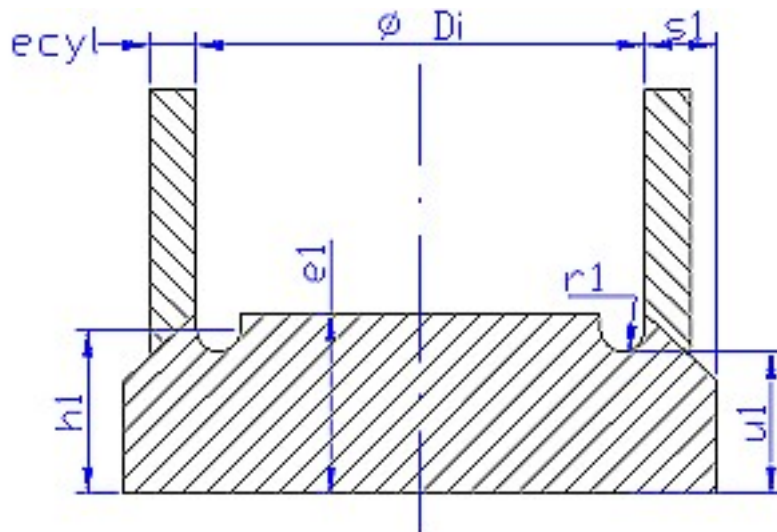


Ilustración 13: Esquema de fondo liso con ranuras de desahogo.

Se emplean las fórmulas de comprobación siguientes:

$$e_1 \geq 0,4 \times D_i \times \sqrt{\frac{C_p \times C_s \times p}{Rp_{0,2}}} + e_0$$

$$u_1 \geq 1,3 \times \left(\frac{D_i}{2} - r_1 \right) \times \frac{2,3 \times 1,7 \times p}{Rp_{0,2}} + e_0$$

$$r_1 \geq 0,2 \times s_1$$

$$r_1 \geq 5$$

$$u_1 \leq 1,5 \times s_1$$

$$h_1 \geq u_1 + r_1$$

Los datos de las variables que se emplean para estas fórmulas se extraen de las tablas de los fabricantes de pistones. C_p es el coeficiente de pérdidas y su valor suele ser de 2.3; C_s es el coeficiente de seguridad y normalmente vale 1.7. No obstante, tanto C_s como C_p pueden ser modificados en el programa de forma independiente.

- Fondos abombados.

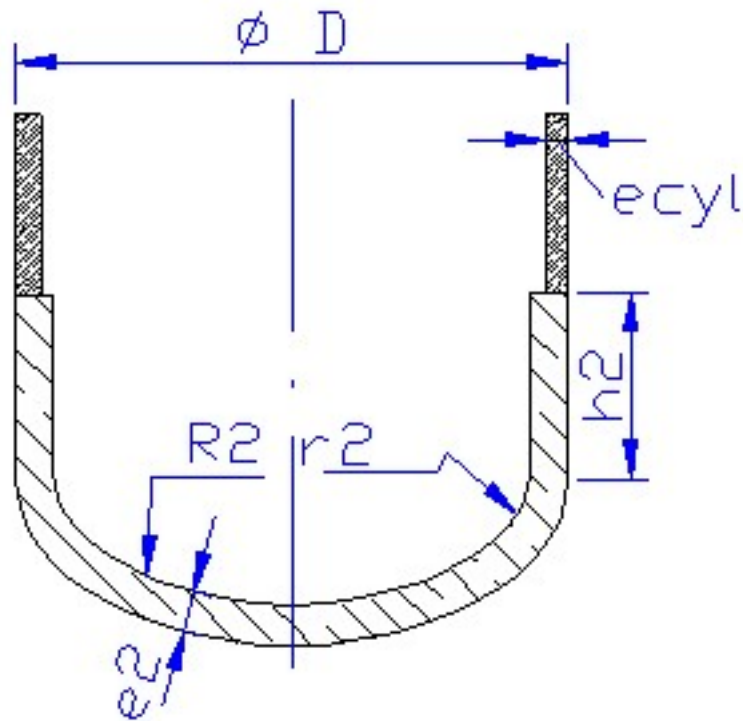


Ilustración 14: Esquema de fondos abombados.

En este caso las fórmulas a emplear son:

$$e_2 \geq \frac{2.3 \times 1.7 \times p}{Rp_{0,2}} \times \frac{D}{2} + e_0$$

$$h_2 \geq 3 \times e_2$$

$$r_2 \geq 0.15 \times D$$

$$R_2 = 0.8 \times D$$

- Fondos planos con bridas soldadas.

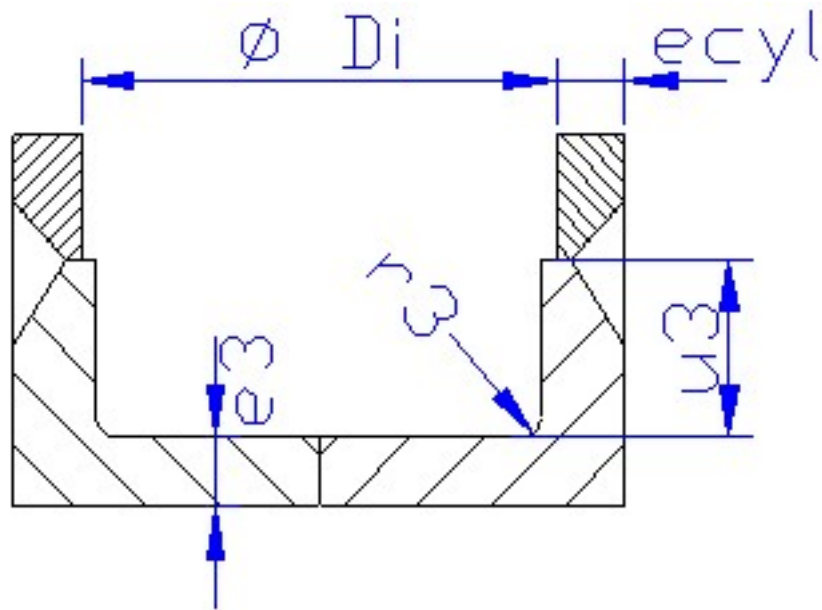


Ilustración 15: Esquema de fondos planos con bridas soldadas.

$$e_3 \geq 0,4 \times D_i \times \sqrt{\frac{C_p \times C_s \times p}{Rp_{0,2}}} + e_0$$

$$u_3 \geq e_3 + r_3$$

$$r_3 \geq \frac{e_{cyl}}{3}$$

$$r_3 \geq 8$$

4.4.1.2. Cálculo a pandeo.

Se emplean las siguientes fórmulas:

Para la carga aplicada sobre el pistón en Newton:

$$F_5 = 1.4 \times g_n \times \left(\frac{cm \times (P + Q)}{n} + 0.64 \times P_r + P_{rh} \right)$$

Para la carga admisible sobre el pistón en Newton:

$$F_{\max} = \frac{A_n}{2} \times \left[R_m - (R_m - 210) \times \left(\frac{\lambda}{100} \right)^2 \right], \quad \text{si } \lambda < 100$$

$$F_{\max} = \frac{\Pi^2 \times E \times J_n}{2 \times L_0^2}, \quad \text{si } \lambda \geq 100$$

Siendo:

$$\lambda = \frac{L_0}{i_n} = \text{esbeltez del émbolo}$$

1.4 = factor de sobrepresión.

g_n = aceleración de la gravedad (m/s^2)

E = Módulo de elasticidad del acero = $2.1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$

J_n = Momento de inercia de la sección (mm^4)

L_0 = Longitud total del émbolo sometido a pandeo (mm.)

i_n = radio de giro del émbolo para el que se calcula el pandeo.(mm.)

P = masa de la cabina vacía (kg.)

Q = Carga nominal (kg.)

cm = coeficiente de suspensión diferencial 1 : acción directa, 2 : diferencial 2 : 1

R_m = Resistencia a tracción del acero del émbolo (N/mm^2)

P_r = Masa del émbolo (kg.)

P_{rh} = Masa del cabezal (kg.)

n = número de cilindros.

A_n = área resistente del émbolo (mm^2)

Así, se calcula primero la carga que hay aplicada sobre el pistón y que es función de las variables que hayamos introducido en nuestro diseño. Se procede después a calcular la carga admisible que soporta el pistón. Primeramente habría que calcular λ con los valores de longitud del pistón y momentos de inercia tomados de las tablas correspondientes para el tipo de pistón con el que vamos a realizar el cálculo.

Una vez obtenido λ podemos calcular la carga que admite nuestro pistón, usando la fórmula apropiada según el valor de λ sea mayor o menor de 100.

El criterio de validez será $F_5 \leq F_{\max}$, y si esto no se cumple es que el pistón no soporta las solicitaciones de carga que hayamos impuesto. Sería preciso repetir el proceso anterior pero seleccionando un pistón de mayor dimensión y volver a comprobar el criterio de validez. Es aquí donde entra

en juego la automatización que realiza el programa, evitando todos los cálculos hasta encontrar el pistón adecuado. El programa captura automáticamente los datos de los pistones que se encuentran en la base de datos y va obteniendo resultados para las fórmulas que se han expuesto, hasta encontrar aquel pistón que cumple el criterio de validez. La iteración parte del pistón más pequeño hasta llegar al más grande (si fuera necesario), de forma que se elige el más pequeño posible siempre que soporte las condiciones expresadas por el criterio de validez.

4.4.2. Pistones telescópicos de 2 y 3 etapas (expansiones)

4.4.2.1. Cálculo de resistencia a presión.

En este caso, las fórmulas que aplicaremos serán las siguientes:

$$p = \frac{(P + Q) + n \times P_{rt}}{\frac{n \times \Pi \times d_1^2}{4}} \times g_n$$

$$p_b = \frac{m \times (P + Q) + L \times P_c}{\frac{n \times \Pi \times D_i^2}{4}} \times g_n$$

Siendo:

p = presión a plena carga (N/mm²)

p_b = presión a suministrar por la bomba (N/mm²)

n = número de cilindros

P_{rt} = Masa del émbolo 1 (kg.)

d_1 = diámetro exterior del émbolo 1 (mm.)

L = Longitud total de los émbolos (m.)

P_c = Masa total de los émbolos (kg/m)

m = número de etapas o expansiones (2 ó 3)

g_n = aceleración de la gravedad (m/s²)

De todas las variables implicadas en estas fórmulas sólo P , Q , n y m se introducen como variables de diseño; el resto han de ser consultadas en las tablas de los pistones correspondientes que se encuentran al final de este libro.

Para la verificación de los fondos de los cilindros se puede **usar el mismo cálculo** que para los pistones simples, así como la formulación para el cálculo de los espesores mínimos requeridos en los fondos de los cilindros.

La presión estática máxima admisible es de

- 65 bar. para pistones telescópicos de 2 expansiones
- 50 bar. para pistones telescópicos de 3 expansiones

4.4.2.1. Cálculo a pandeo.

Se emplean las siguientes fórmulas:

$$F_5 = 1.4 \times g_n \times \left(\frac{cm \times (P + Q)}{n} + 0.64 \times P_r + P_{rt} + P_{rh} \right)$$

Para la carga admisible sobre el pistón en Newton, en el caso de que **no exista guiado**:

$$F_{\max} = \frac{A_1}{2} \times \left[R_m - (R_m - 210) \times \left(\frac{\lambda_1}{100} \right)^2 \right], \quad \text{si } \lambda_e < 100$$

$$F_{\max} = \frac{\Pi^2 \times E \times J_2}{2 \times L^2} \times \phi, \quad \text{si } \lambda_e \geq 100$$

Si **existe guiado externo** se han de aplicar las mismas fórmulas para F_{\max} pero cambiando λ_e por λ_1 y L por L_1 ; el valor de λ será pues L_1/i_1 . Las variables que intervienen en el cálculo de λ_e y λ_1 se reflejan en el resumen de variables empleadas en los cálculos anteriores. Hay que hacer notar que el valor del factor experimental Φ (phi) se ha tomado de las tablas del fabricante de pistones aunque la norma da una aproximación para su cálculo. Se supone que las longitudes de los tres émbolos son iguales y que el momento resistente de la sección del émbolo 3 es igual a la del émbolo 2 para simplificar las operaciones; así se determina un factor v :

$$v = \sqrt{\frac{J_1}{J_2}}$$

El valor de Φ se determina siguiendo las siguientes relaciones:

$$\phi = 1.25 \times v - 0.2$$

,para cilindros con 2 expansiones y para $0.22 < v < 0.65$

y

$$\phi = 1.5 \times v - 0.2$$

,para cilindros con 3 expansiones y para $0.22 < v < 0.65$

Para $0.65 < v < 1$ el valor de Φ es:

$$\phi = 0.65 \times v + 0.35$$

El criterio de validez que garantiza que pistón cumple las sollicitaciones a las que se ha sometido sigue siendo el mismo que para los pistones simples, es decir:

$$F_5 \leq F_{\max}$$

siendo:

$$\lambda_e = L/i_e; \lambda_1 = L_1/i_1$$

$$i_e = \frac{d_m}{4} \times \sqrt{\sqrt{\phi} \times \left[1 + \left(\frac{d_{mi}}{d_m} \right)^2 \right]}$$

L = longitud total de los émbolos (mm.)

L_1 = longitud del émbolo 1 (mm.)

ϕ = factor experimental (en tablas)

J_1 = momento de inercia del émbolo 1 (mm⁴)

J_2 = momento de inercia del émbolo 2 (mm⁴)

A_1 = área resistente del émbolo 1 (mm²)

λ_e = esbeltez equivalente para cilindros telescópicos

i_e = radio de giro equivalente para cilindros telescópicos. (mm.)

i_1 = radio de giro del émbolo 1 (mm.)

d_m = diámetro exterior del émbolo de mayor calibre

d_{mi} = diámetro interior del émbolo de mayor calibre

R_m = resistencia a la tracción (N/mm²)

4.4.3. Cálculo de los volúmenes de aceite.

Como complemento a los cálculos de resistencia a presión y pandeo, se muestra a continuación las cantidades de aceite necesarias para la completa expansión del vástago del pistón, así como para el llenado del cilindro. La capacidad útil de la central viene determinada por el aceite necesario para la completa extensión del pistón, a la que habría que añadir la cantidad de aceite existente en las conducciones que van del cilindro a la central de presión. Aún siendo esta cantidad fácil de calcular teniendo los datos del diámetro y la longitud de la conducción, se puede considerar que un 10 % de la cantidad de aceite calculada será empleada en llenar esa conducción.

Aceite en circulación (l.):
$$Q_{tc} = Q_c \times \frac{L_p}{100}$$

Siendo:

L_p = recorrido total del pistón (cm.)

Q_c = aceite en circulación por metro de recorrido (l./m.)

Y añadiendo el 10 % comentado anteriormente quedaría:

$$Q_{tc}' = Q_{tc} \times 1.1$$

El aceite necesario para el llenado completo del pistón será:

$$Q_{tr} = Q_r \times \frac{L_p}{100}$$

Siendo:

L_p = recorrido total del pistón (cm.)

Q_r = aceite para llenado del pistón por metro de recorrido (l./m.)

4.5. Cálculo de la central de presión.

Para el cálculo de las centrales de presión se usan tablas de fabricantes en donde se relacionan el diámetro del vástago del pistón, la velocidad del pistón, la presión estática máxima a plena carga existente en la instalación y el caudal nominal de la bomba. Estas tablas se pueden encontrar en las últimas páginas de este proyecto.

Se comienza calculando la velocidad que tendremos para el pistón. Se parte de las condiciones de diseño en donde se propone la velocidad nominal que se quiere que tenga el ascensor, a esto lo llamaremos velocidad de la cabina (V_c); el cálculo de la velocidad del pistón (V_p) depende del tipo de suspensión de la instalación y del número de pistones:

- 1 pistón en diferencial (2:1)

$$V_c = 2 \times V_p$$

- 2 pistones directos (1:1)

$$V_c = \frac{V_p}{2}$$

- 2 pistones en diferencial (2:1)

$$V_c = V_p$$

Una vez conocido el valor de V_p hay que mirar en las tablas el valor que sea igual o más próximo por encima de éste al valor de V_p y teniendo el dato del tipo de pistón y diámetro de su vástago se obtiene el valor del caudal de la bomba que es necesario utilizar. Con el nuevo dato de V_p se puede calcular de nuevo la velocidad de la cabina, que diferirá levemente de la de partida.

Teniendo el caudal de la bomba, para calcular la potencia necesaria del motor, es necesario utilizar la tabla en la que se relacionan la presión

estática máxima de la instalación (que habremos obtenido previamente en el cálculo de los pistones) y el caudal nominal de la bomba que se acaba de calcular; introduciendo estos dos valores obtendremos la potencia mínima necesaria para la bomba que se vaya a instalar.

Hay que hacer notar que las tablas de datos que se acaban de utilizar tienen ciertas condiciones que es conveniente tener en cuenta y que imponen limitaciones a la instalación; se imponen unas condiciones medias para la central que son:

- Máximo de 30 arranques del motor por hora (incluidas las nivelaciones de planta)
- Pérdidas de carga totales inferiores a 3 bar. aunque las tablas son válidas para pérdidas de carga puntuales de hasta 7 bar.
- Viscosidad cinemática del aceite 40 mm²/s.

El programa informático que se ha realizado para este proyecto tiene en cuenta la necesidad de realizar un cálculo de pérdidas de carga para la instalación en función de datos conocidos para las longitudes de las conducciones y su naturaleza (rígida o flexible). Se describirá su uso en el capítulo específico dedicado al entorno del programa.

Existe una manera alternativa para calcular el caudal de la bomba una vez conocida la velocidad de la cabina según las fórmulas anteriormente expuestas, según las relaciones siguientes:

$$V_c = \frac{cm \times q \times \eta}{\frac{Nr \times 6 \times \Pi \times d^2}{4}}, \text{ para cilindros simples}$$

$$V_c = \frac{r \times q \times \eta}{\frac{Nr \times 6 \times \Pi \times D_i^2}{4}}, \text{ para cilindros telescópicos}$$

Siendo:

V_c = velocidad de la cabina (m/s)

cm = coeficiente de suspensión (1 : acción directa; 2 : diferencial)

q = caudal de la bomba (l/min)

Nr = número de cilindros

d = diámetro exterior del pistón (cm.)

Di = diámetro interior de la camisa (cm)

r = factor diámetros de tubos (ver tablas de pistones)

η = rendimiento volumétrico de la bomba, que es función de la viscosidad y la presión.

De estas fórmulas se puede obtener el valor del caudal nominal de la bomba, ya que los demás valores son conocidos o podemos obtenerlos de las tablas.

Una vez obtenido el valor del caudal de la bomba se puede emplear la siguiente relación para calcular la potencia mínima requerida para la central.

$$P = \frac{1}{R_{inst}} \times \frac{P_b \times q}{450}$$

Siendo:

P = potencia mínima requerida (CV)

P_b = máxima presión estática existente en la instalación (bar)

R_{inst} = rendimiento estimado de la instalación (pérdida de carga, inercia, efectos dinámicos, rozamiento, etc.). Si se estima un 80%,

$R_{inst} = 0.8$

450 = conversión de unidades

4.6. Cálculo del desplazamiento del vástago.

En esta sección se calcula el desplazamiento que sufre el vástago cuando lo sometemos a las sollicitaciones impuestas por el diseño y por las condiciones de temperatura del aceite en cada momento

- Desplazamiento del vástago por variación de presión

El aumento de la carga en la cabeza del pistón provoca una disminución del volumen del aceite contenido en la instalación (entre el cilindro y la válvula de bajada); esta variación de volumen es debida a la natural presencia de aire en el aceite. Lo que se intenta, es averiguar la variación del volumen y el consecuente desplazamiento hacia abajo del vástago, en función del aumento de presión.

$$a = \frac{V_0 \times \beta \times \Delta p}{A} \times 1000$$

Siendo:

a = desplazamiento del vástago (cm)

V_0 = volumen inicial = $V_{cyl} + V_t$ (l.)

V_{cyl} = volumen de aceite en el cilindro con el pistón completamente extendido (l.)

V_t = volumen de aceite en las conducciones (l.)

β = coeficiente de compresión del aceite $\approx 0.00009 \text{ cm}^2/\text{dN}$

Δp = variación de presión (dN/cm^2)

A = área del vástago o área equivalente para pistones telescópicos (cm^2)

Si el valor para la variación de presión es negativo, el desplazamiento del vástago será hacia arriba.

- **Desplazamiento del vástago por variación de temperatura.**

El aumento de temperatura provoca una dilatación del aceite y un consecuente desplazamiento del vástago hacia arriba. En función de la variación de la temperatura tendremos:

$$a = \frac{V_0 \times \alpha \times \Delta T}{A} \times 1000$$

a = desplazamiento del vástago (cm)

α = coeficiente de dilatación cúbica del aceite $\approx \frac{1}{0.0009^\circ\text{C}}$

ΔT = variación de temperatura ($^\circ\text{C}$)

Los coeficientes α y β son valores experimentales que dependen del tipo de aceite y su elaboración. En este caso, se han tomado los valores que proporciona el fabricante de pistones para sus aceites.

En este caso, si la variación de temperatura es negativa, el desplazamiento del vástago será hacia abajo.

El desplazamiento de la cabina resultante para un desplazamiento del vástago determinado será función del coeficiente de suspensión (cm). Si es 1 (acción directa), el desplazamiento de la cabina coincidirá con el del vástago; si es 2, el desplazamiento de la cabina será el doble del valor del desplazamiento para el vástago.

4.7. Balance térmico de la instalación.

Esta sección nos permite calcular el número de viajes completos por hora que puede realizar el ascensor con las condiciones de carga solicitadas. Si el número de viajes real es mayor al calculado, es necesaria una refrigeración del sistema mediante intercambiadores de calor que permitan evacuar el calor que produce el funcionamiento de la central, así como del aceite de la instalación. La potencia de refrigeración requerida se calcula también en este apartado.

El balance térmico se calcula según los parámetros del fabricante de válvulas de los tipos 3010 y 3100. Para el caso del bloque de válvulas tipo 3010 tenemos que el número de viajes completos (subida y bajada) para el ascensor es:

$$n = \frac{(A1 + A2 + A3)}{(Q + P) \times (Lc + 3.5)} \times 23025 \times R$$

Y para el tipo 3100:

$$n = \frac{(A1 + A2 + A3)}{(Q + P) \times Lc} \times 23025 \times R$$

Siendo:

$A1$ = coeficiente de intercambio de la central con el nivel de aceite máximo

$A2$ = coeficiente de intercambio para el pistón

$A3$ = coeficiente de intercambio de la conducción rígida / flexible

Q = carga nominal (kg.)

P = carga total de cabina y demás accesorios (kg.)

Lc = recorrido útil de la cabina

R = coeficiente de corrección para temperaturas entre 20 y 40 °C

$R = 1 - (TA - 30) \times 0.02$

TA = temperatura del cuarto de máquinas (°C)

Los valores de $A1$, $A2$ y $A3$ se toman de tablas y sus valores dependen del tipo de depósito de la central ($A1$), del diámetro del vástago del pistón ($A2$) y del tipo de conducciones que tengamos para el fluido hidráulico ($A3$).

Como se ha comentado anteriormente, si el número de viajes reales (N) es mayor que el número de viajes completos calculados(n), se debe refrigerar la instalación y la potencia de enfriamiento para ella ha de ser calculada:

Para el tipo de válvula 3010:

$$C = \frac{(Q + P) \times (Lc + 3.5) (N - n)}{431}$$

Para el tipo de válvula 3100:

$$C = \frac{(Q + P) \times Lc \times (N - n)}{431}$$

Siendo C la potencia requerida en Wattios.

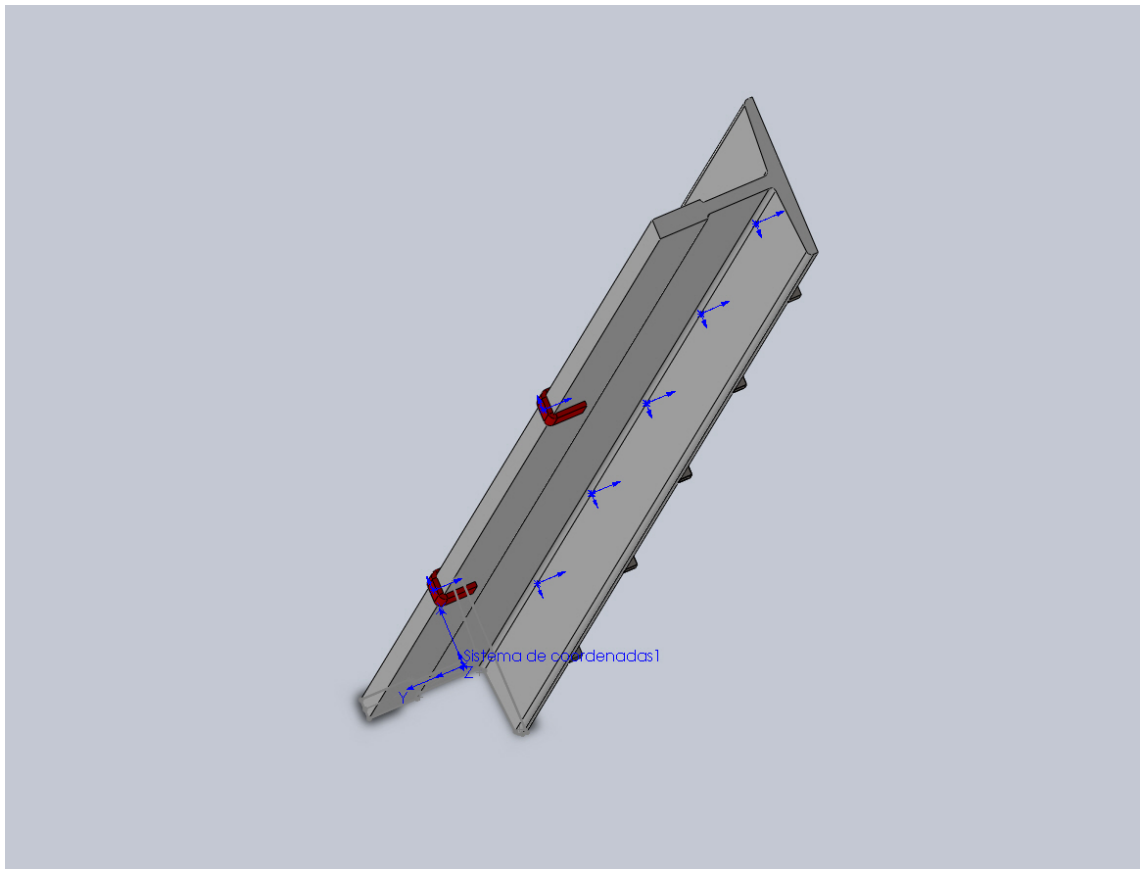
CAPÍTULO 5

CASO PRÁCTICO: APLICACIÓN A UN CASO REAL



5. CASO PRÁCTICO: APLICACIÓN A UN CASO REAL

En este apartado se intenta corroborar los resultados obtenidos por la herramienta informática que se ha desarrollado para este proyecto con los resultados proporcionados por una herramienta informática comercial para cálculo de estructuras. En nuestro caso, la aplicación elegida es SOLIDWORKS 2009 y COSMOSWORKS 2009, que trabajan solidariamente. El primero se usa para el diseño del modelo tridimensional objeto del estudio, para posteriormente ser analizado con COSMOSWORKS en lo que al cálculo estructural se refiere. Aquí tenemos el modelado de la guía de ascensor tipo T que vamos a usar en el ejemplo:



En la figura anterior podemos ver dibujadas en color rojo las dos rozaderas del ascensor, es decir, donde se van a concentrar todos los esfuerzos que se van a transmitir sobre las guías.

Como hemos dicho anteriormente, hay que partir del diseño del modelo que queremos calcular. En este apartado calcularemos los esfuerzos y los

desplazamientos producidos por un estado de carga fijo al que las guías están sometidas. Nos centramos únicamente en las guías porque son una de las partes más importantes del dimensionado de un ascensor, siendo además uno de los cálculos más tediosos a la hora de proyectar. Se va a aprovechar la capacidad que tiene Cosmosworks para no tener que dibujar un modelo en detalle del ascensor; con esto se persigue reducir, sobre todo, el tiempo de cálculo de todo el proceso. Así, reduciremos el problema al modelado de una sola guía, de los soportes de rozadera, que es donde se concentran las fuerzas y los momentos (son los elementos rojos en la figura anterior) y de las cargas que actúan sobre las guías, es decir, la carga nominal del ascensor, el peso del operador, del chasis, del cordón de maniobra y demás elementos que provoquen reacciones en las guías. Según la norma, todas éstas cargas pueden suponerse concentradas en el centro de gravedad de la cabina.

Los datos de partida para realizar el cálculo son los siguientes:

- Tipo de cabina: MOCHILA
- 2 guías
- 1 embarque
- Resistencia del acero : 520 N/mm^2
- Guía: T-65x54x8
- Longitud de la guía: 8.000 mm.
- Recorrido superior: 3700 mm.
- Foso: 1200 mm.
- Paracaídas progresivo tipo cuña
- Velocidad: 0,6 m/s.
- Carga nominal del ascensor: 450 kg
- Peso del operador + otros componentes: 600 kg. Aprox.
- Distancia entre rozaderas del chasis: 3.010 mm.
- Distancia entre fijaciones en la guía: 1.500 mm.
- Situación de las cargas concentradas: $X = -200 \text{ mm.}$; $Y = 525 \text{ mm.}$; $Z = 2900 \text{ mm.}$, según los ejes de referencia globales definidos en el modelo y que corresponden con el centro de gravedad del perfil de la guía (para el caso de los valores de X e Y). El valor de Z

indica la altura desde el suelo donde estaría situada la fuerza resultante de todas las cargas que afectan al modelo.

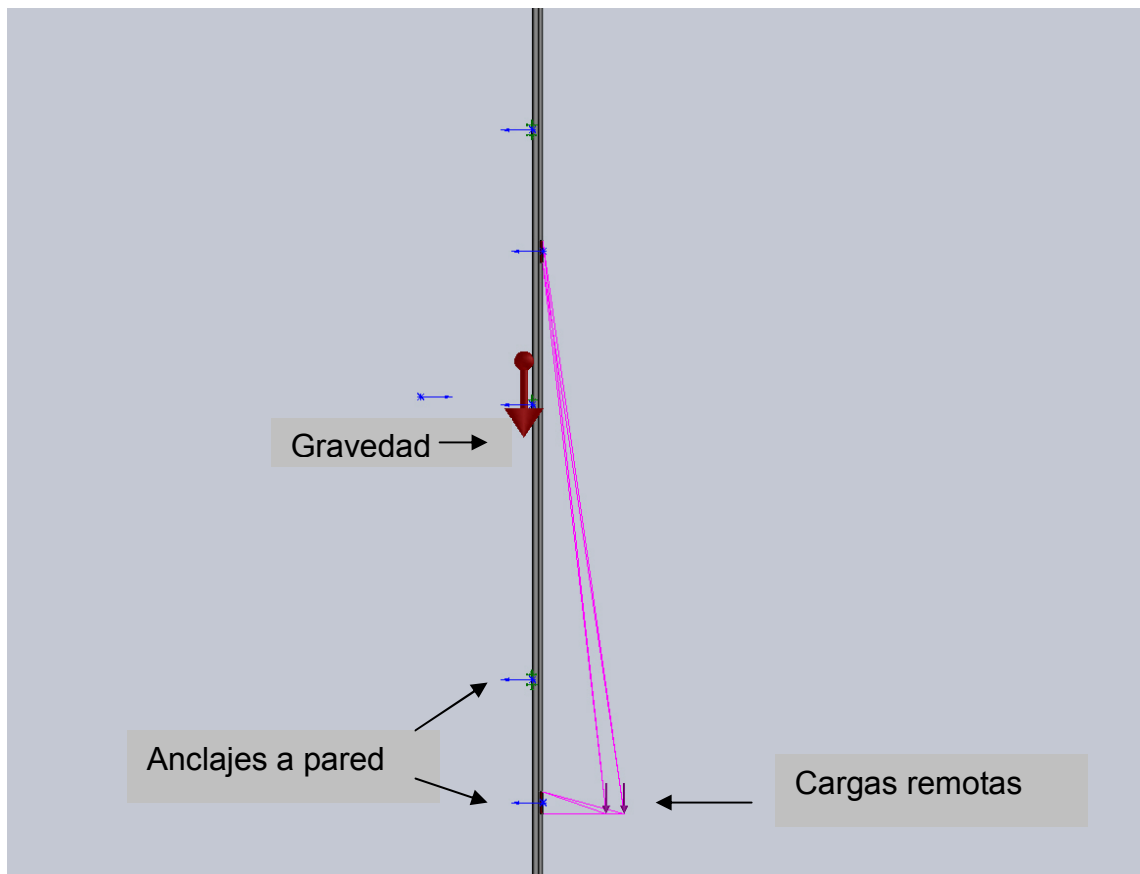
- Puntos fijos definidos como anclajes a la pared: todas las fijaciones de guía

NOTA: Los datos que acabamos de enumerar se encuentran reunidos en uno de los archivos de ejemplo que se encuentran en el directorio DATOS del programa. Este archivo puede ser cargado a través de nuestra herramienta informática ASCENSOR HIDRÁULICO 1.0, para revisar los datos del problema o para comparar los cálculos obtenidos con las dos herramientas de las que disponemos.

Con estos datos y con el modelo tridimensional creado, se define un estudio estructural estático en el que se van a considerar como partes fijas e inamovibles las fijaciones de guía y se va a aplicar la resultante de todas las cargas de manera uniformemente repartida entre dos rozaderas que tendría un chasis con distancia entre rozaderas de 3010 mm. Hay que tener en cuenta que, dado que estamos dibujando solamente la mitad del modelo, las cargas a aplicar serán también la mitad de las totales, pero siendo los puntos de aplicación de éstas los mismos. En la siguiente imagen se puede apreciar en líneas rosadas las cargas remotas que se han modelado, cuyo valor es, como se dijo anteriormente, la mitad de la suma de todas las cargas que actúan sobre la viga. La posición de estas cargas se puede calcular con las fórmulas que aparecen en la normativa para este tipo de cabina y con los datos que ya hemos enumerado sobre pesos y dimensiones, pero nuestra herramienta informática ya calcula la posición de estas cargas sin necesidad de hacer los cálculos manualmente, y tenemos como resultado el siguiente:

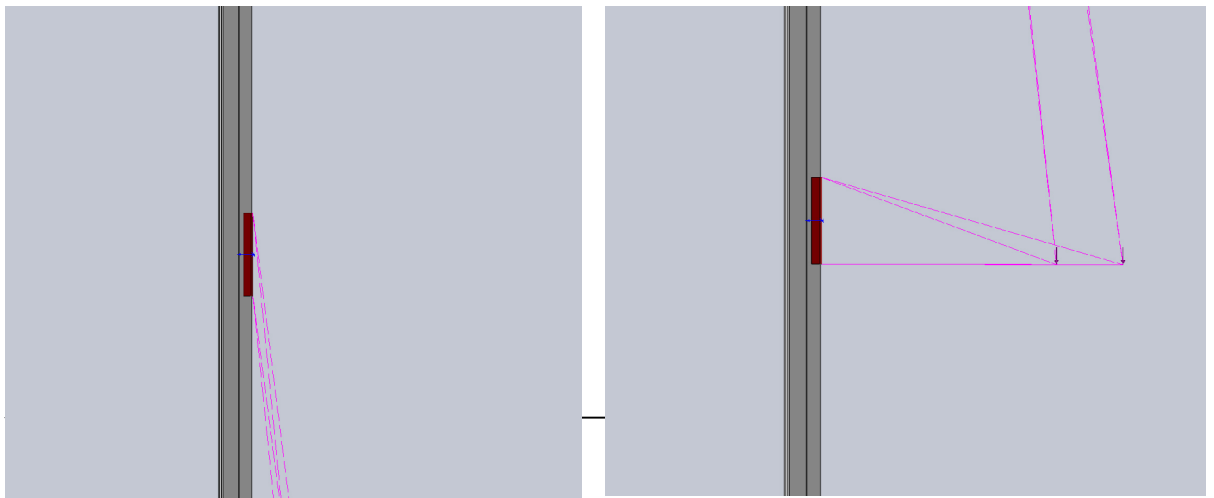
- MASA REMOTA Nº 1: PESO CABINA + PESO OPERADOR + PESO CABLES = 430 kg. / 2 (ya que estamos simulando la mitad del modelo)= 215 kg.

- MASA REMOTA N° 2: Q (Carga nominal cabina) = 450 kg. / 2 (ya que estamos simulando la mitad del modelo)= 225 kg

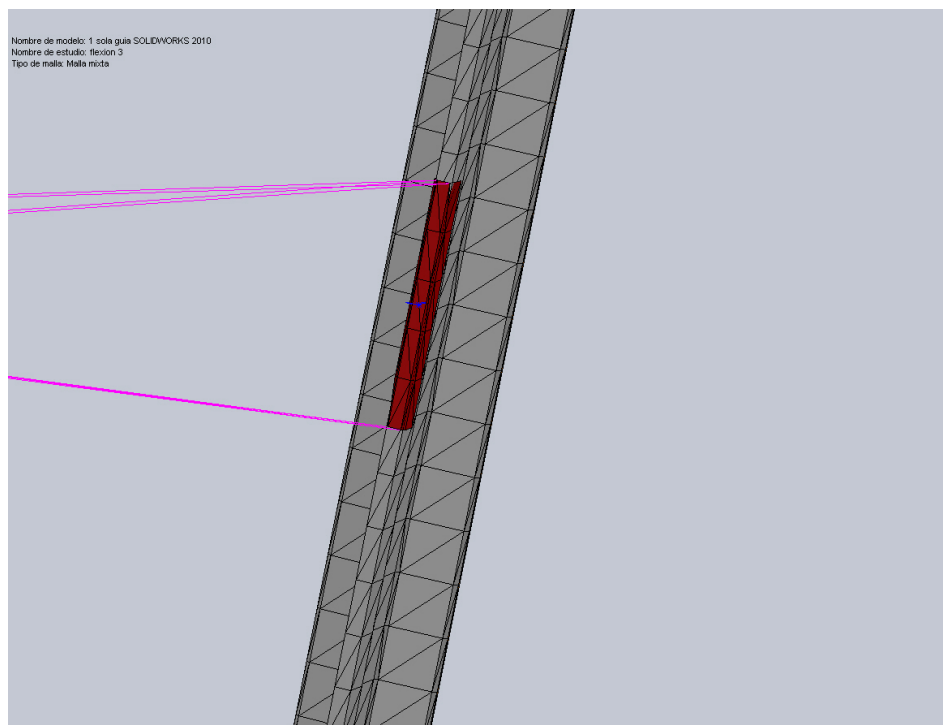


La flecha de color rojo simula la gravedad, cuya dirección es la misma que la de las cargas remotas.

En las siguientes imágenes se puede observar cómo las cargas remotas actúan sobre todas las caras de las dos rozaderas que pertenecerían al chasis, siendo la distancia entre ellas conocida, de 3010 mm.



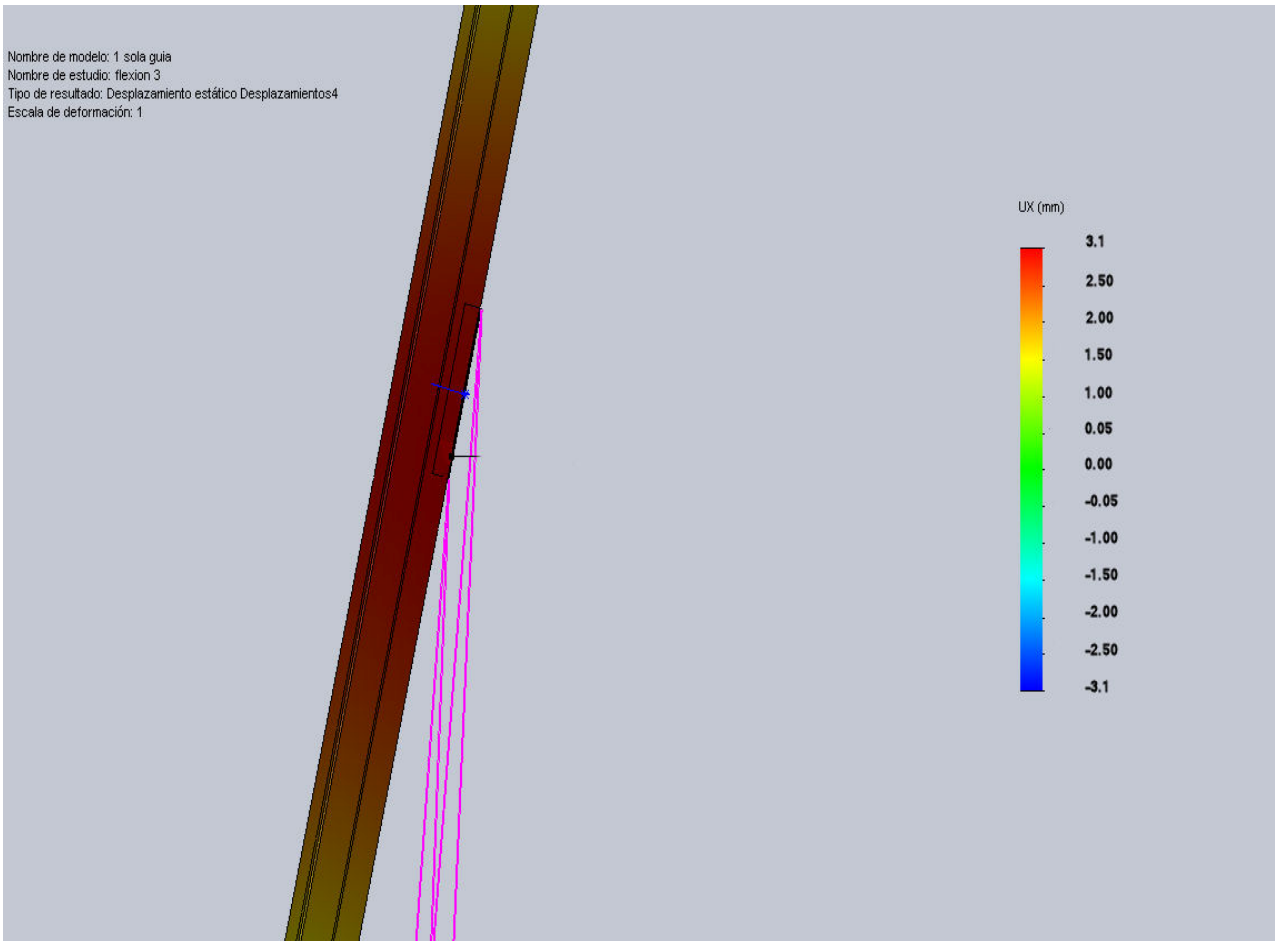
Una vez definido completamente el estudio, es necesario aplicar un proceso denominado “mallado”. Este proceso consiste en dividir todo el modelo en elementos infinitesimalmente pequeños para estudiar los esfuerzos en cada uno de esos elementos por separado. Esto permite encontrar puntos de concentración de tensiones, puntos donde el material puede fallar por las condiciones del problema o puntos donde los desplazamientos originados puedan superar los límites impuestos por la normativa. El modelo mallado tiene un aspecto similar a esto:



Se puede observar que los elementos están divididos en formas geométricas más pequeñas que el software usará luego para poder realizar los cálculos. Es importante que la división geométrica que nos muestra el programa sea continua, es decir, que todas las líneas estén conectadas de una forma regular, ya que en caso contrario, se producen errores en los cálculos finales. Además, la elección de una malla más o menos densa (en cuestión de número de divisiones existentes) también determina la mayor o menor precisión de los resultados; a mayor densidad, mayor precisión pero a su vez, mayor tiempo de cálculo. Se

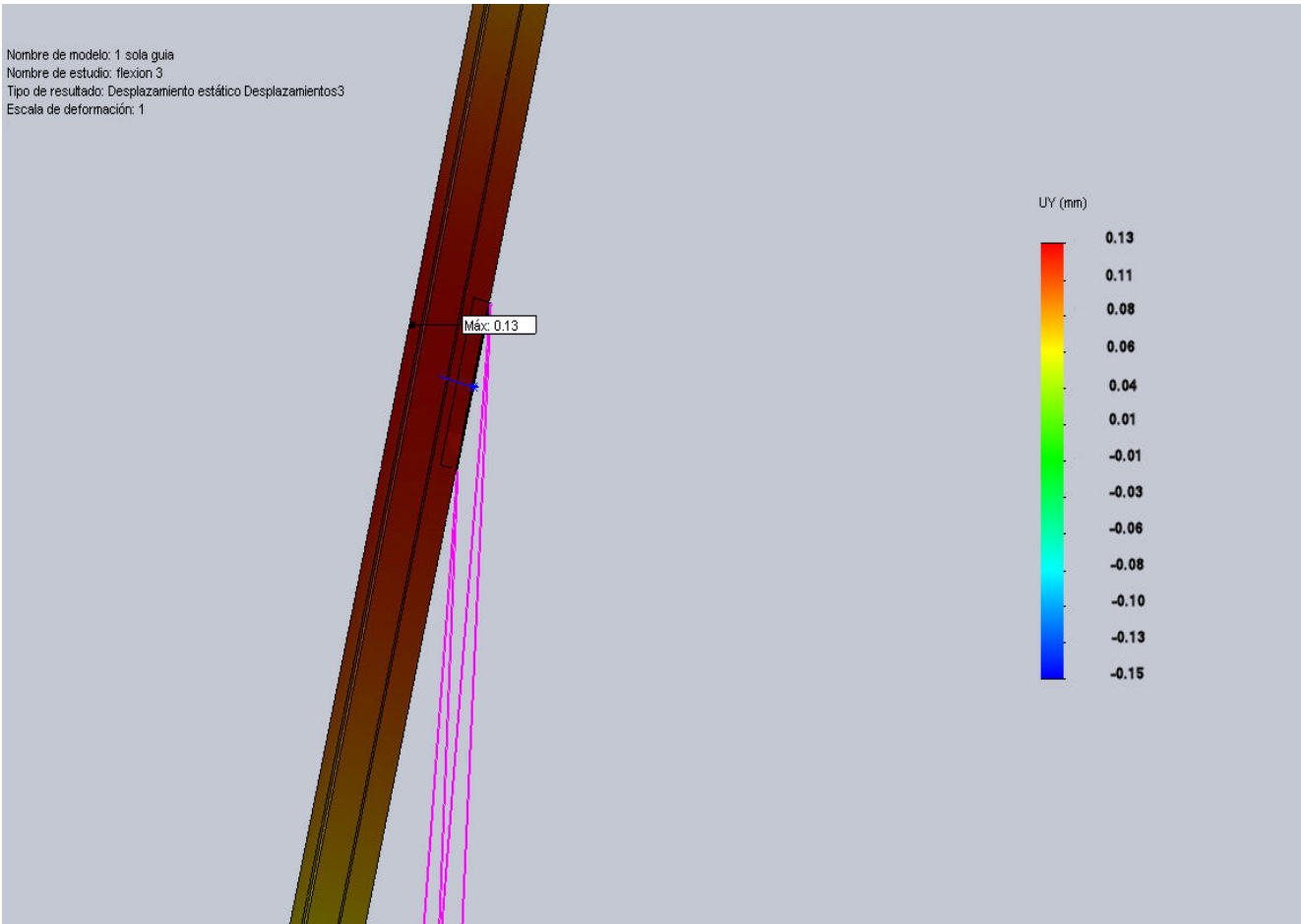
ha elegido el término medio entre calidad y velocidad que nos ofrece el programa.

Con todo el proceso anterior terminado, procedemos a realizar el cálculo de nuestro modelo y el programa nos muestra los resultados de la forma siguiente para los desplazamientos en el eje X de la guía:



Valores máximos de 3,1 mm y -3.1 mm. para las rozaderas superior e inferior respectivamente

Y para los desplazamientos en el eje Y de la guía:



Valores máximos de 0,13 mm y -0.15 mm. para las rozaderas superior e inferior respectivamente

En este caso observamos una escala de colores que nos indica que las zonas más críticas (de color rojo) son que rodean a las rozaderas; esto es lógico ya que son las que soportan todos los esfuerzos contra la guía. Los valores que más nos interesan del cálculo son los desplazamientos que se producen en las guías debido a las solicitaciones de carga que hemos introducido, siendo éstas el criterio de selección más restrictivo según la normativa. Si comparamos los valores obtenidos por nuestra herramienta informática y con el programa de elementos finitos, observamos pequeñas diferencias que no influyen en absoluto a la hora de afirmar que los resultados obtenidos con nuestro software son correctos. Las pequeñas variaciones obtenidas pueden provenir tanto de las diferencias en el cálculo teórico y el informático del centro de gravedad, como del mallado usado por Cosmosworks para dividir el modelo en elementos infinitesimales. También hay que tener en cuenta que las fijaciones de la pared han sido modeladas como restricciones fijas, cuando la norma recomienda tratarlas como flexibles. Como hemos dicho, se ha usado la precisión por defecto ofrecida por el programa. Utilizar una precisión mayor podría darnos resultados más aproximados y certeros a los teóricos, pero también conllevaría mucho tiempo de proceso en los cálculos y las diferencias obtenidas no justifican el tiempo invertido.

Aunque el programa nos ofrece la posibilidad de conocer los resultados de los esfuerzos, según la normativa hemos podido apreciar que el criterio más restrictivo para la elección del perfil de guía adecuado es el criterio del desplazamiento, por lo cual nos hemos centrado en estos resultados. Ahora podemos comparar los resultados del cálculo teórico y nuestra simulación por elementos finitos:

- Desplazamiento dirección eje X: 3,45 mm. < 5 mm. Mediante elementos finitos obtenemos unos resultados de 3,1 mm.

- Desplazamiento dirección eje Y: 0,33 mm. < 5 mm. Mediante elementos finitos obtenemos 0,13 mm.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES



6. CONCLUSIONES

El proyecto se ha llevado a cabo satisfactoriamente debido a que se han logrado los objetivos principales establecidos en su inicio:

- Automatizar la tediosa labor de repetir una vez tras otra los cálculos. La herramienta informática permite realizar estos cálculos en un tiempo infinitamente inferior que si se hiciera de forma manual, y además, los realiza de forma automática y encuentra la solución necesaria que cumple los criterios impuestos por la normativa.
- Elaborar una herramienta visualmente atractiva y sencilla de utilizar para el usuario, de forma que tanto la introducción de datos como la obtención de resultados sea lo más simple e inteligible posible
- Posibilidad de utilizar esta herramienta informática en un entorno profesional para realizar presupuestos, diseños y cálculos estructurales de montajes de ascensores hidráulicos.

Como se ha detallado en el proyecto, se ha definido y desarrollado un software profesional en un campo donde no existen herramientas específicas adaptadas a las necesidades previamente señaladas y que cubre sobradamente los objetivos del diseño inicial. Algunas decisiones de diseño como el lenguaje de programación así como el entorno de trabajo han sido escogidas en base a la experiencia profesional que he desarrollado y teniendo también en cuenta que éstos son ampliamente usados en el mundo de la informática moderna.

CAPÍTULO 7

AMPLIACIONES FUTURAS



7. AMPLIACIONES FUTURAS

Entre las posibles mejoras que pueden hacer de esta herramienta un instrumento más flexible y potente encontramos las siguientes:

- Elección de perfiles distintos a los de tipo T. Bastaría con introducir los datos de los perfiles en la base de datos a través de un nuevo módulo de gestión de entrada de estos datos.
- Cálculos de energía y costes energéticos de la instalación
- Ampliación del módulo de cálculo para velocidades de ascensores superiores a 1 m/s. Esto implicaría la creación de un nuevo módulo en el programa que use la normativa específica para ascensores que superen dicha velocidad.
- Implementar una gestión de usuarios, de forma que algunas partes del cálculo queden sólo al alcance de usuarios con permisos suficientes (por ejemplo, el cálculo del precio de la instalación)
- Migración de la aplicación a entornos visuales más actuales como Visual Studio 2008.
- Posibilidad de generar planos CAD de todos los datos introducidos para poder enlazarlos con el sistema de órdenes de fabricación de un taller o para ser proporcionados a jefes de obra que necesiten tener definidos los datos del hueco del ascensor, distancias entre fijaciones para la colocación de placas en paredes, etc.
- Posibilidad de enlazar con el programa de gestión de una empresa con el fin de actualizar automáticamente los precios de cada uno de los componentes que interviene en el cálculo.

CAPÍTULO 8

PRESUPUESTO



8. PRESUPUESTO.

Para este apartado se ha tenido en cuenta que el precio/hora de cada fase del proyecto lo ha llevado a cabo la misma persona, que es la que ha analizado el problema y los requisitos, ha diseñado e implementado la aplicación software y ha realizado las pruebas de funcionamiento necesarias. El modelado tridimensional con el programa de diseño en 3D Solidworks 2008, así como la comprobación estructural con el módulo de elementos finitos de este mismo programa también lo ha elaborado la misma persona y con un coste horario estipulado en 75 € /hora. El precio/hora de las demás fases del proyecto se ha establecido en una media de 65 €/hora.

FASES	IMPORTE (EUROS)	DURACIÓN (HORAS)
ADQUISICIÓN ORDENADOR	900	2
ADQUISICIÓN LICENCIA STANDALONE SOLIDWORKS + MÓDULO DE ELEMENTOS FINITOS	13.000	1
DESCARGA DE VERSIONES GRATUITAS DE OTROS PROGRAMAS NECESARIOS	-	2
ANÁLISIS Y DISEÑO	7.800	120
IMPLEMENTACIÓN	71.500	1100
MODELADO 3D Y CÁLCULO ELEMENTOS FINITOS	3.750	50
PRUEBAS	3.250	50
TOTAL:	100.200	1.325

CAPÍTULO 9

BIBLIOGRAFÍA



9. BIBLIOGRAFÍA

Para la elaboración de este PFC se han empleado los siguientes documentos de consulta:

- AENOR: REGLAS DE SEGURIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE ASCENSORES. PARTE 2: ASCENSORES HIDRAULICOS (NORMA EN 81-2)
- CATÁLOGO TÉCNICO GRUPO GMV- EUROLIFT S.A., para cálculos adicionales y datos técnicos de los componentes.
- CATÁLOGO DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPOS IMPULSORES PARA ASCENSORES HIDRÁULICOS (GRUPO HIDRAL S.L.), para completar los cálculos y demás datos técnicos de pistones y centrales.
- Manuales y tutoriales de VISUAL STUDIO y CRYSTAL REPORTS sacados principalmente de la web: <http://www.elquille.net>, para la codificación del software.

ANEXO I

MANUAL DE USUARIO DEL PROGRAMA: ASCENSOR HIDRÁULICO 1.0.



ANEXO I. MANUAL DE USUARIO DEL PROGRAMA: ASCENSOR HIDRÁULICO 1.0

En este capítulo se van a describir una a una las opciones de que dispone nuestra herramienta informática y los resultados que podemos obtener, que serán básicamente, todos aquellos que se han detallado en el capítulo anterior.

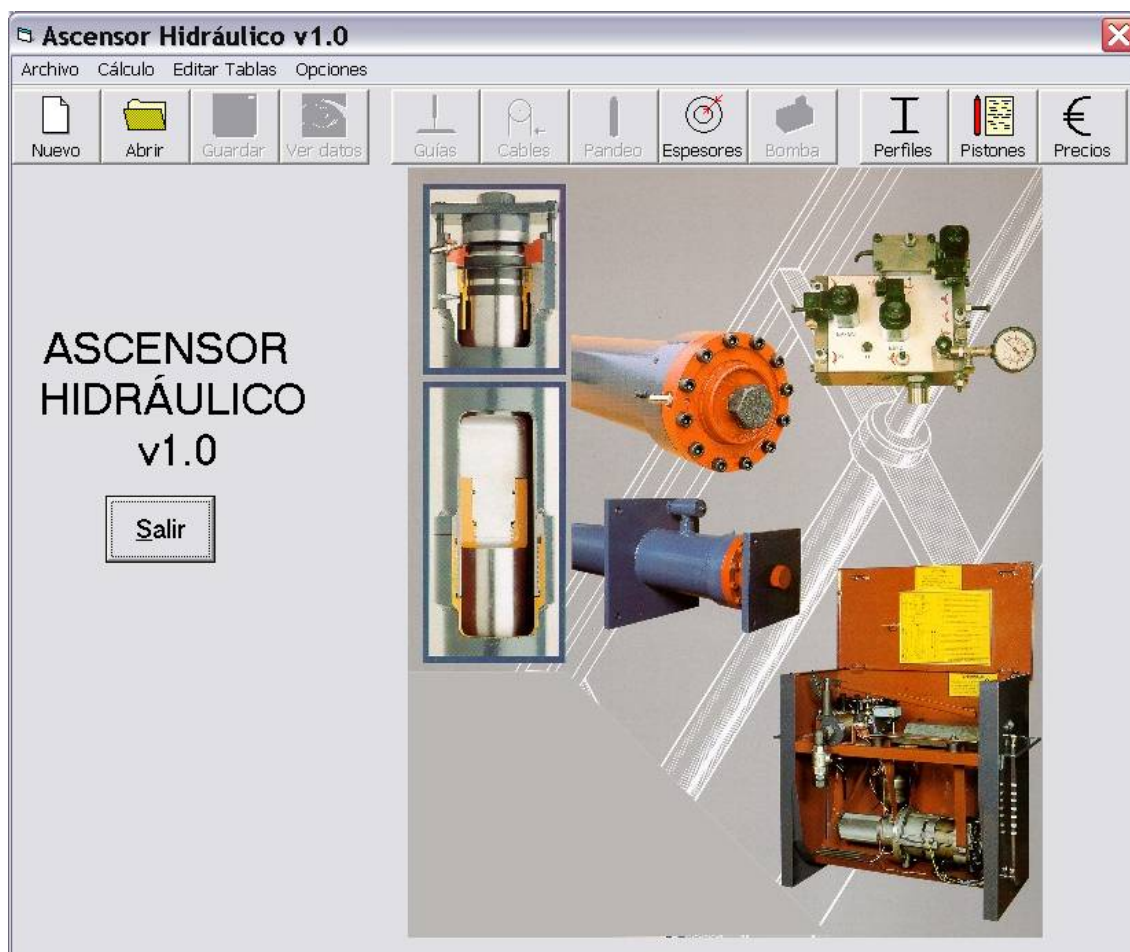


Ilustración 16: Pantalla principal del programa.

La pantalla principal de la aplicación nos muestra las opciones básicas de manipulación de ficheros además de las opciones de cálculo de las que disponemos:

- **NUEVO:** Empieza desde cero un nuevo proyecto y pasa a la pantalla principal de introducción de datos.

- ABRIR: Abre un archivo de datos válido (*.dat) que contenga datos de un proyecto guardado anteriormente.
- GUARDAR: Guarda en un archivo los datos del proyecto que se hayan introducido mediante la pantalla de datos. Esta opción sólo está disponible cuando se hayan introducido los datos de un proyecto. El nombre del archivo que se propone para el guardado del archivo es la composición de los datos básicos del proyecto para que el archivo de datos pueda ser fácilmente identificado cuando se vuelva a cargar.
- VER DATOS: Permite ver o modificar los datos de nuestro proyecto.
- GUÍAS: Nos lleva a la pantalla de cálculo de guías
- CABLES: Opción para el cálculo de los cables de suspensión. Esta opción sólo estará disponible cuando se haya seleccionado un pistón de tipo simple.
- PANDEO: Pantalla en la que se realiza el cálculo del pandeo de los pistones.
- ESPESORES: Opción con la que se permite realizar la verificación de los espesores de los fondos de los pistones.
- BOMBA: Para el cálculo de la central o bomba de presión hidráulica.
- PERFILES: Permite hojear y modificar todos los datos de los perfiles de las guías tipo T.
- PISTONES: Ofrece la posibilidad de visionar los datos internos con los que trabaja el programa para el cálculo de los cilindros.
- PRECIOS: Permite asignar precios a los componentes del ascensor para realizar un cálculo de costes según los resultados del diseño que se obtengan con el programa.

Cuando se ejecuta el programa por primera vez, muchas de las opciones que se acaban de describir están desactivadas. Es necesario introducir datos para un proyecto o cargarlos desde un archivo previamente guardado para activar algunas de estas opciones. Aquellas que se mantienen inactivas requieren de la realización de cálculos previos con otras opciones del programa, ya que obtienen sus datos de los resultados ofrecidos por aquellas; en este pequeño manual de uso explicaremos cómo y cuándo se activan estas opciones.

Empezaremos con la opción NUEVO. Al pulsarla nos aparece la pantalla de datos de nuestro proyecto. La imagen siguiente muestra esta pantalla en donde se han introducido datos para todas las variables que van a intervenir en los cálculos que realiza el programa.

Introducción de datos

Volver

Datos del ascensor

Carga: 640 kg.

Embarques: 1

Recorrido: 10500 mm

Rec. superior: 3700 mm

Foso: 1200 mm

Dimensiones del HUECO

Ancho: 2200 mm

Fondo: 2300 mm

Dimensiones de la CABINA

Ancho: 900 mm

Fondo: 875 mm

Paso de puerta

☒ 600 mm.

☐ 650 mm.

☐ 700 mm.

☐ 800 mm.

☐ 900 mm.

☐ 1000 mm.

☐ Otro: mm

Número de GUÍAS

☒ 2 Guías

☐ 4 Guías

Paracaídas

☒ Progresivo

☐ Instantáneo

☐ Sin paracaídas

Condiciones de utilización

☒ Ascensor residencial

☐ Ascensor industrial

Máx. distancia entre fijaciones de guía (l): 1500 mm

Acero: 520 N/mm²

Tipo Chasis: CCEI-0450 ACUÑAMIENTO INSTANTANEO L1

Tipo Cabina: Cabina elegida: Cabina guiada simétricamente

Operador: Operador elegido: 700 - T-02 IMPR. Peso del operador: 83 kg.

Pistón: Pistón elegido: 1 pistón Telescópico 2 etapas directo (1 a 1)

Velocidad: Velocidad: 0,6 m/s.

Aceptar Cancelar

Ilustración 17: Pantalla de datos del proyecto

Hay varias maneras en las que se introducen datos en esta pantalla:

- Mediante cuadros de texto: en ellos se introducen directamente los valores que se deseen, como por ejemplo el RECORRIDO
- Mediante listas de selección: son listas desplegables que permiten la selección de alguno de los elementos que en ellas se contienen. Ejemplo: CARGA DEL ASCENSOR
- Mediante opciones de selección única y marcadas con puntos: permiten hacer las selecciones pertinentes manteniendo en pantalla las opciones no elegidas. Ejemplo: NÚMERO DE GUÍAS.
- Mediante botones: los botones permiten el acceso a la selección de otros datos. Se necesitan mostrar otras pantallas de datos adicionales para su selección. Tenemos:
 - **Tipo cabina.** Nos permite seleccionar el tipo de cabina existente para la instalación. A continuación se muestra la pantalla de selección del tipo de cabina, en la que se representan esquemáticamente cada uno de los tipos entre los que se puede elegir.

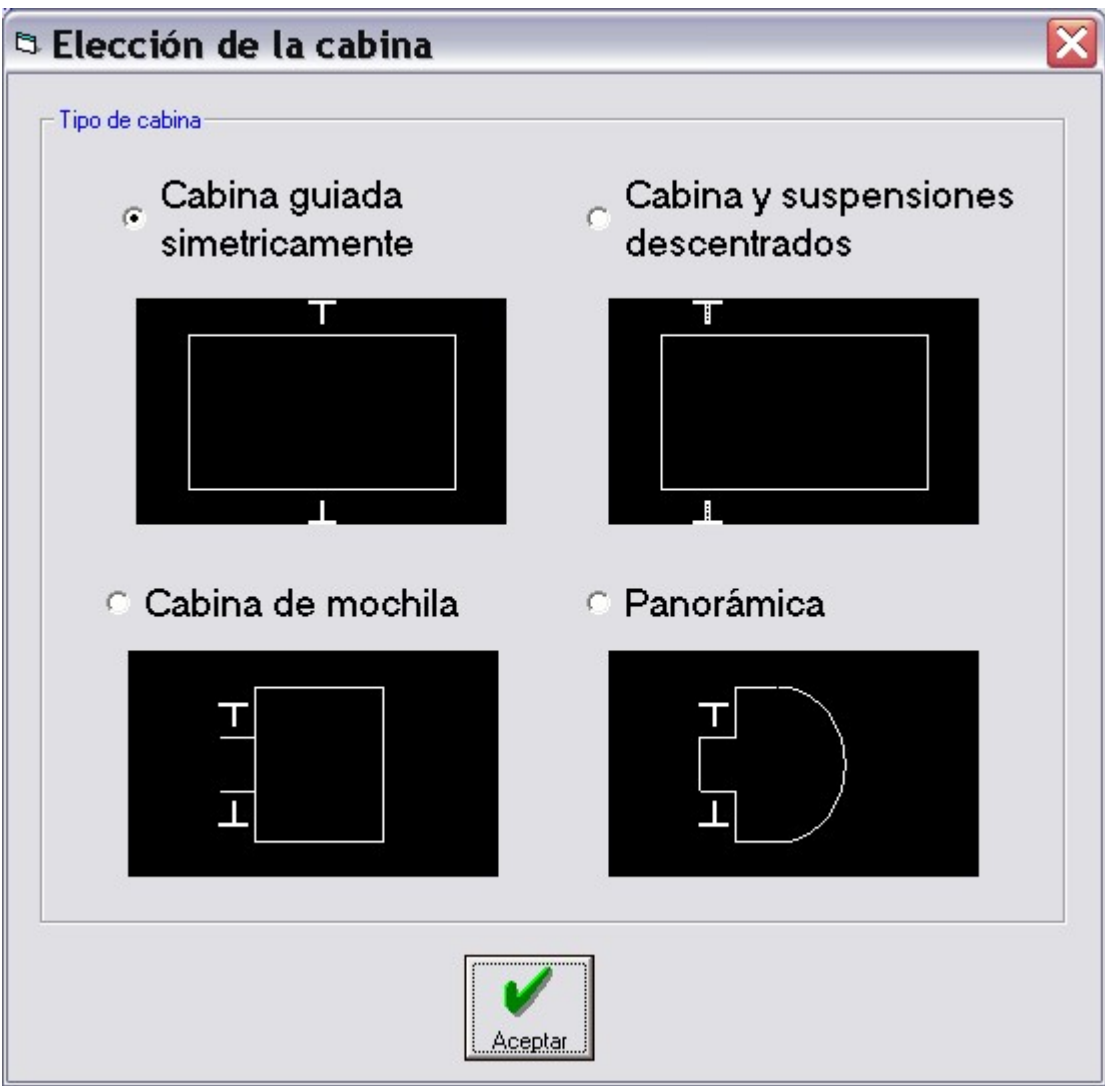


Ilustración 18: Elección del tipo de cabina

Dependiendo de la selección que hagamos en esta pantalla, al pulsar el botón aceptar se presentará otra pantalla en la que se deberá introducir ciertos datos requeridos para los cálculos posteriores y que son propios y diferentes para cada tipo de disposición de cabina.

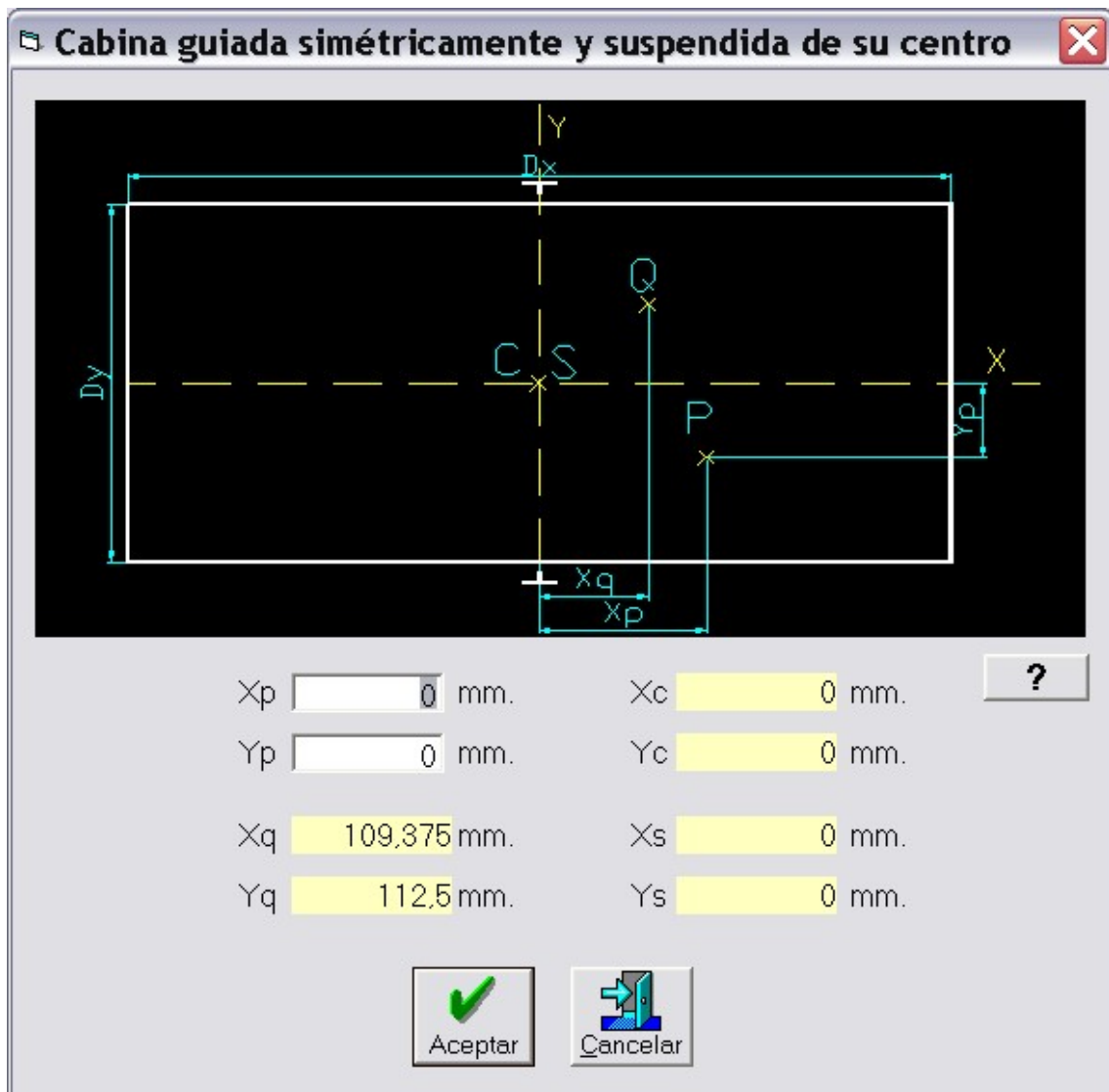


Ilustración 19: Opción de cabina guiada simétricamente

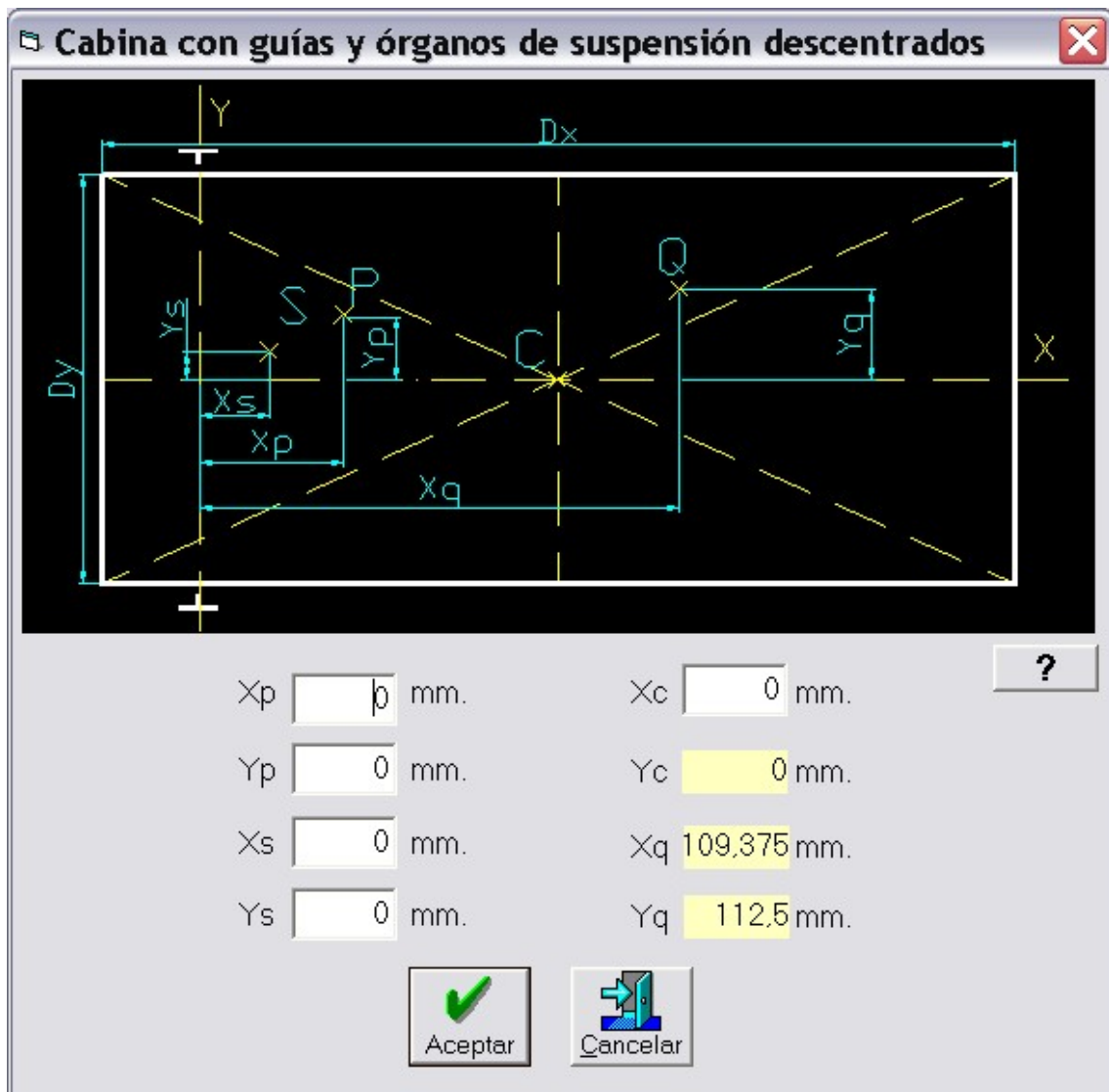


Ilustración 20: Opción de cabina con órganos descentrados

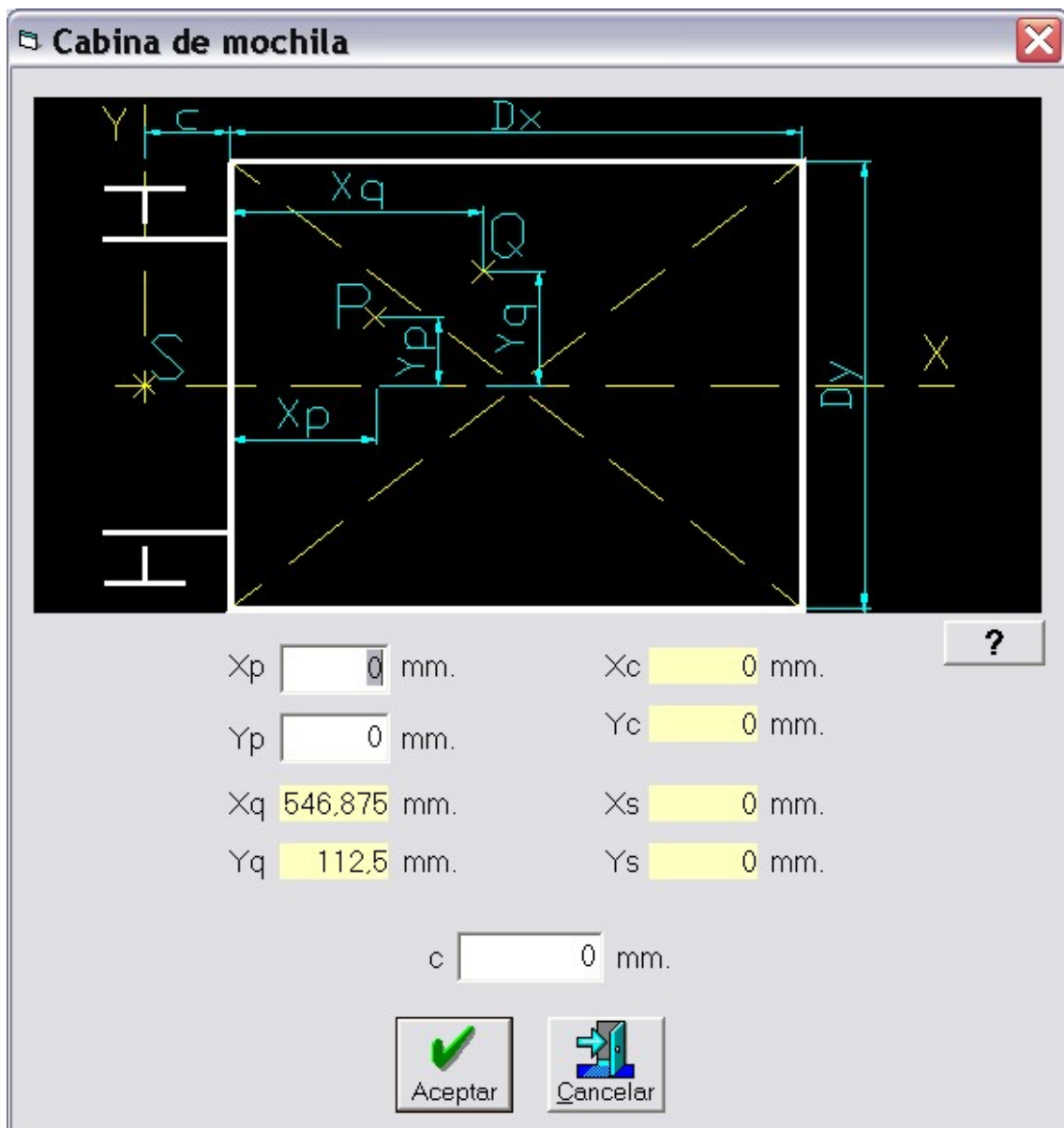


Ilustración 21: Opción cabina de mochila

Cabina panorámica

Diagrama de la cabina panorámica con dimensiones D_x , D_y , X_s , X_p , X_c , X_q , Y_s , Y_p , Y_q y puntos S , P , C , Q .

X_p	<input type="text" value="0"/> mm.	X_c	<input type="text" value="0"/> mm.	<input style="float: right;" type="button" value="?"/>
Y_p	<input type="text" value="0"/> mm.	Y_c	<input type="text" value="0"/> mm.	
X_q	<input type="text" value="546,875"/> mm.	X_s	<input type="text" value="0"/> mm.	
Y_q	<input type="text" value="112,5"/> mm.	Y_s	<input type="text" value="0"/> mm.	

Ilustración 22: Opción cabina panorámica.

En cada una de estas opciones debemos introducir los datos que se encuentran en las cajas de texto en blanco para poder continuar. La figura que se muestra en la parte superior de estas pantallas aclara el significado de las variables a introducir.

○ Operador

En esta pantalla se elige el tipo de operador (mecanismo para abrir las puertas del ascensor) y se nos ofrece el valor de su peso, que será usado posteriormente en los cálculos. Los tipos de operador disponibles son los seleccionados de un fabricante dado, pero los datos pueden ser modificados en la

base de datos del programa que está creada mediante MICROSOFT ACCESS. Las denominaciones pueden ser alteradas ya que el único dato que influye en los cálculos es el valor del peso.



Elección de operador

Tipo P:L. 1100

Tipo T T-02 IMPR.

Peso operador 114 kg.

 Aceptar

Ilustración 23: Elección del tipo de operador.

- **Pistón.**

Aquí se nos pide los datos constructivos de nuestro cilindro.

Datos del pistón

Aceptar

Variables del pistón

Tipo de pistón

☐ Simple

☒ Telescópico 2 etapas

☐ Telescópico 3 etapas

Tipo de suspensión

☒ 1:1 (Directo)

☐ 2:1 (Diferencial)

Guiado

☐ Guiado

☒ Sin guiado

Número de pistones

☒ 1 Pistón

☐ 2 Pistones

Partes del pistón

Nº de partes 2

Aceptar

Ilustración 24: Datos del pistón

Para los pistones simples se pueden elegir el tipo de suspensión y el número de pistones. Las demás opciones están desactivadas ya que son configuraciones no posibles.

Para los pistones telescópicos no está disponible la opción de tipo de suspensión, ya que estos pistones hacen uso de suspensiones directas.

○ **Velocidad.**

Permite la selección de la velocidad nominal para la que se proyecta el ascensor. Como se puede observar en la captura de pantalla que se muestra a continuación, no se permiten valores de velocidad mayores a 1 m/s ya que la normativa que nos ocupa impone el uso de velocidades iguales o menores a 1m/s. En caso de introducir un valor mayor que 1 en la casilla OTRA, el programa nos informa de ello. Las velocidades más habituales se muestran en la pantalla de selección.



Velocidad del ascen...

Velocidad

☐ 0,30 m/s

☒ 0,60 m/s

☐ 0,80 m/s

☐ 1 m/s

☐ Otra m/s


Aceptar

Ilustración 25: Selección de la velocidad del ascensor.

- **Botón añadir chasis (+)**

Este botón se encuentra a la derecha de la lista desplegable de selección del chasis. Nos permite acceder a una nueva pantalla donde se pueden añadir nuevos chasis con las características que se deseen. Seleccionando posteriormente un chasis que se acaba de añadir, se usarán sus datos de peso, distancia entre fijaciones y precio donde sean requeridos en el programa. Esta pantalla dispone de dos botones principales:

- **AÑADIR:** Para dar de alta un nuevo chasis. Es necesario rellenar las casillas de texto para poder guardar el chasis creado.
- **BORRAR:** Permite borrar el chasis que está seleccionado actualmente.

Añadir chasis

Volver

Descripción

CCEI-0450 ACUÑAMIENTO INSTANTANEO L1

Peso

95

kg.

h (distancia entre rozaderas)

3010

mm.

Precio

350,7

Euros

Tipo de paracaídas.

☒ Instantáneo

☐ Progresivo

Añadir

Borrar

Volver

Chasis	Peso	h	Precio	Par
CCEI-0450 ACUÑAMIENTO INSTANTANEO L1	95	3010	350,7	INS
CCEP-0450 ACUÑAMIENTO PROGRESIVO LAP-9 V=1 m/s	105	3010	1300	PR
CCEP-0450 SUSP. 2:1 ACUÑAMIENTO PROGRESIVO LAP-9 (ARRIBA) V=1 m/s	220	3215	1200	PR
CCEI-0630 ACUÑAMIENTO INSTANTANEO L2	100	3010	1300	INS
CCEP-0630 ACUÑAMIENTO PROGRESIVO LAP-9 V=1m/s	110	3100	1400	PR
CCEP-0630 ACUÑAMIENTO PROGRESIVO LAP-16 V=1m/s	110	3100	1500	PR
CCEI-0630 SUSP 2:1 ACUÑAMIENTO INSTANTANEO L2 (ARRIBA)	200	3170	1600	INS
CCEP-0630 SUSP 2:1 ACUÑAMIENTO PROGRESIVO LAP-9 (ARRIBA) V=1m/s	220	3215	1700	PR
CCEP-0630 SUSP 2:1 ACUÑAMIENTO PROGRESIVO LAP-16 (ARRIBA) V=1m/s	220	3215	1800	PR

Ilustración 26: Pantalla de añadir chasis.

Una vez se hayan introducido todos los datos en la pantalla principal podemos aceptar los cambios y guardarlos si es necesario. Dependiendo de nuestra selección para el tipo de suspensión y el tipo de pistón tendremos ahora accesible o no la opción del cálculo de cables; ésta estará activa sólo con pistones simples con suspensión de tipo diferencial. Las demás opciones quedan activadas.

OPCIÓN GUÍAS

Esta opción nos permite ver rápidamente qué guía sería necesaria para nuestra instalación según los datos proporcionados. El ordenador calcula rápidamente las fórmulas correspondientes que se han descrito en este proyecto y nos ofrece al final el perfil de guía que cumple las condiciones impuestas en la norma bajo las solicitudes que nosotros hemos introducido. En la mayoría de los casos, el programa va eligiendo un tipo de guía mayor para cumplir con las restricciones de diseño impuestas por la norma, elige sus

características constructivas y vuelve a calcular las fórmulas que sean necesarias para ofrecer el resultado final.

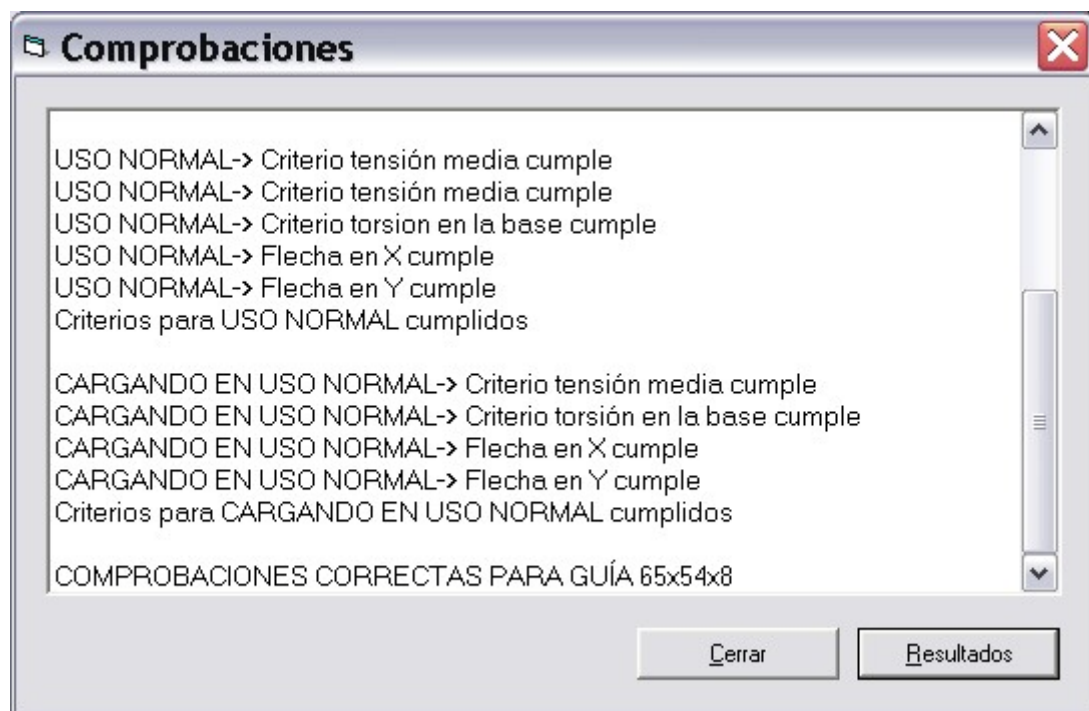


Ilustración 27: Comprobaciones de guías

En la pantalla de comprobaciones nos aparece un resumen de los criterios que se van cumpliendo en cada caso de cálculo. Los cálculos analíticos para el perfil de guía que cumple con las condiciones de diseño se muestran con la opción de resultados que aparece en esta misma pantalla. Esta pantalla ofrece simplemente la elección del tipo de guía, pero todos los cálculos pueden ser verificados pulsando la opción RESULTADOS; nos aparecerán los cálculos que se han comentado:

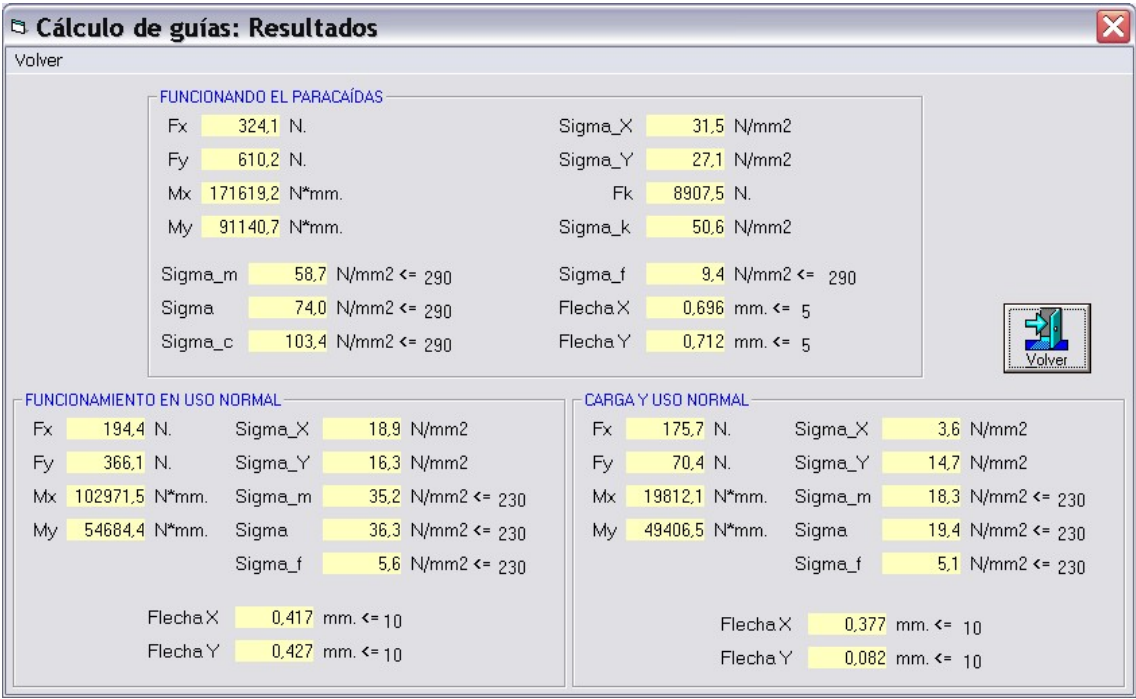


Ilustración 28: Resultados para el cálculo de guías.

OPCIÓN CABLES

Mediante esta opción se pueden calcular los cables necesarios para la instalación así como su diámetro. Volvemos a repetir que esta opción sólo está disponible para el tipo de pistones simples y con suspensión en diferencial (2:1). Los pistones de acción directa no llevan cables ya que empujan la cabina sin el uso de cables; los pistones telescópicos no se usan con suspensiones de tipo diferencial porque tampoco llevan cabezal.

En esta pantalla se nos ofrecen distintos resultados dependiendo del tipo de cálculo escogido en las pestañas superiores, es decir, se pueden calcular los cables partiendo del dato de la polea tractora que va a ser instalada en el ascensor y de la carga de rotura de los cables deseada o por el contrario, se puede calcular la polea tractora necesaria en función del diámetro de los cables elegidos y su carga de rotura, determinando la polea normalizada según éste cálculo. La elección de un cálculo u otro dependerá de los datos de los que se

dispongan para el diseño. Otros resultados que se ofrecen son el peso de la polea normalizada o el coeficiente de seguridad de los cables obtenido.

El cálculo de cables se realiza acorde a los datos introducidos en la pantalla de datos previamente descrita. Un resumen de estos datos se muestra en la parte inferior de la pantalla como referencia para el usuario.

Cálculo de los cables de suspensión

Volver

Elección de polea tractora | Elección de cables

Diámetro polea: 320 mm.

Carga de rotura: 140 kg/mm²

Diámetro mínimo cables: 8 mm. Coef. seguridad: 14,15 (min. 12)

Cables necesarios: 4. Peso Polea: 55 kg.

Peso cables: 13,89 kg.

Se calculan los cables partiendo del dato del diámetro de la polea tractora de la máquina.

Datos para el cálculo

Carga nominal (Q) -> 400 kg.
 Peso cabina y accesorios (P) -> 533 kg.
 Recorrido útil de la cabina-> 7000 mm.
 Nº de pistones -> 1
 Tipo de pistón -> (SIMPLE)
 Tipo de suspensión -> 2:1 (Acción indirecta)

Calcular Cables

Volver

Ilustración 29: Cálculo de cables.

Si los datos introducidos para el número de cables y su diámetro no son suficientes para cumplir con el criterio del coeficiente de seguridad mayor o igual a 12, el programa nos informa de ello y procede al cálculo automático, ofreciendo al finalizar los resultados obtenidos dependiendo del sistema de cálculo escogido.

OPCIÓN PANDEO.

Con esta opción se realiza el análisis de los pistones con las cargas que producen esfuerzos de pandeo.

Cálculo de pandeo en los pistones

Volver

Factor de sobrepresión	1,4	Sobrecorrido superior del pistón (Esp)	13 cm.
Peso del cabezal + polea (Prh)	0 kg.	Sobrecorrido inferior del pistón (Eip)	13 cm.
Peso cables lado cabina (Pf)	0 kg.	Sobrecorrec. superior de la cabina (Esc)	25 cm.
Distancia eje polea - vástago (L1)	0 cm.	Sobrecorrec. inferior de la cabina (Eic)	30 cm.
Tipo de distribuidor de la central	3010		

Calcular PISTÓN

- RESULTADOS -

Diám.pistón necesario	T250 mm.	Carga en punta existente (F5)	13131,03 N.
Espesor del vástago	7,5 mm.	$F5 \leq \frac{F}{2} \left[Rm - (Rm - 2100) \cdot \left(\frac{\lambda}{100} \right)^2 \right] =$	31614,85 N.
Presión estática (pstat)	47,18 bar.		Aceite total en circulación (Qtc)
Pres.a suministrar (pb)>=	41,01 bar.		

Datos para el cálculo

Carga nominal -> 480 kg.
 Recorrido útil de la cabina-> 7000 mm.
 N° de pistones -> 1
 Tipo de pistón -> (1) 2 etapas
 Tipo de suspensión -> 1:1 (Acción directa)

Volver

Ilustración 30: Pantalla de cálculo de pandeo en pistones.

Los datos que son necesarios para el cálculo se encuentran en la parte superior de la pantalla y deben ser rellenados para proceder al cálculo del pistón. Algunas opciones permanecen desactivadas dependiendo de la selección del tipo de pistón y de suspensión que se haya efectuado en la pantalla principal de entrada de datos. El factor de sobrepresión aparece en la normativa como un factor fijo y no alterable pero aquí podemos modificar su valor si queremos realizar el cálculo de pandeo con otros valores; no obstante, se recomienda dejar su valor intacto.

La selección del tipo de distribuidor de la central de presión proporciona al programa la presión mínima que ha de existir en la instalación para que la cabina baje estando vacía. Es importante hacer notar que si la presión existente en la instalación es inferior a esta presión mínima, el peso de la cabina y sus accesorios no serían suficientes para vencer la resistencia que opone el/los pistón/pistones y el fluido hidráulico, con lo cual la cabina nunca bajaría. El programa nos permite la selección de dos tipos de distribuidores estándar utilizados normalmente en el mundo del ascensor pero además nos permite introducir el dato de una presión mínima de bajada que nosotros deseemos si nuestra instalación no dispone de alguno de los distribuidores anteriormente mencionados.

El resto de datos necesarios corresponden a los sobrerrecorridos del pistón y de la cabina; estos datos están relacionados entre sí y sus valores no pueden ser aleatorios; han de cumplir unas reglas de las que el programa nos advierte en caso de que los datos introducidos no sean válidos.

Si todos los datos han sido introducidos correctamente, se activa la opción CALCULAR PISTÓN, con la que se procede al cálculo de pandeo propiamente dicho. Al finalizar el cálculo se nos ofrece la pantalla de comprobaciones (al igual que en el cálculo de guías) donde nos permite ver los sucesivos pasos por los que va pasando el programa en la búsqueda del pistón que cumpla los criterios impuestos por la norma.

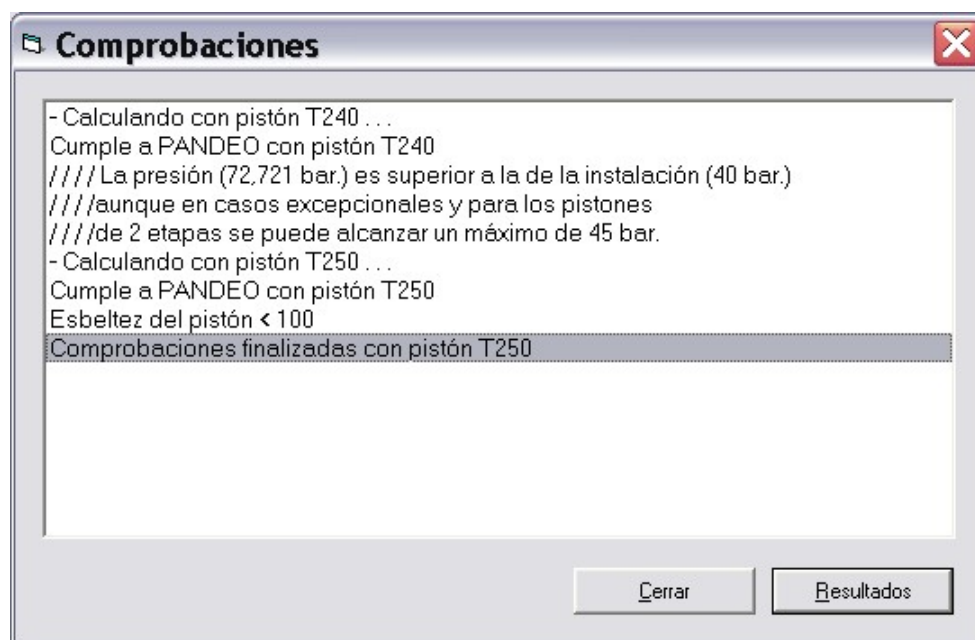


Ilustración 31: Comprobaciones en el cálculo de los pistones.

Al igual que en el cálculo de las guías, los resultados analíticos se muestran a través del botón RESULTADOS, apareciendo éstos en la parte inferior de la pantalla de cálculo de los pistones. Se vuelven a ofrecer datos típicos de nuestra instalación como referencia para el usuario. El significado de los resultados puede ser interpretado a través del capítulo dedicado a la normativa.

OPCIÓN ESPESORES.

En esta opción se nos permite verificar los espesores de las camisas de los cilindros, así como de los fondos de éstos. La norma impone para el diseño de ambos unos criterios que deben ser cumplidos en su fabricación. Esta herramienta nos permite comprobar fundamentalmente la presión máxima que soportará un cilindro determinado, seleccionado de entre los que dispone el programa u otro que el usuario haya introducido en la base de datos.

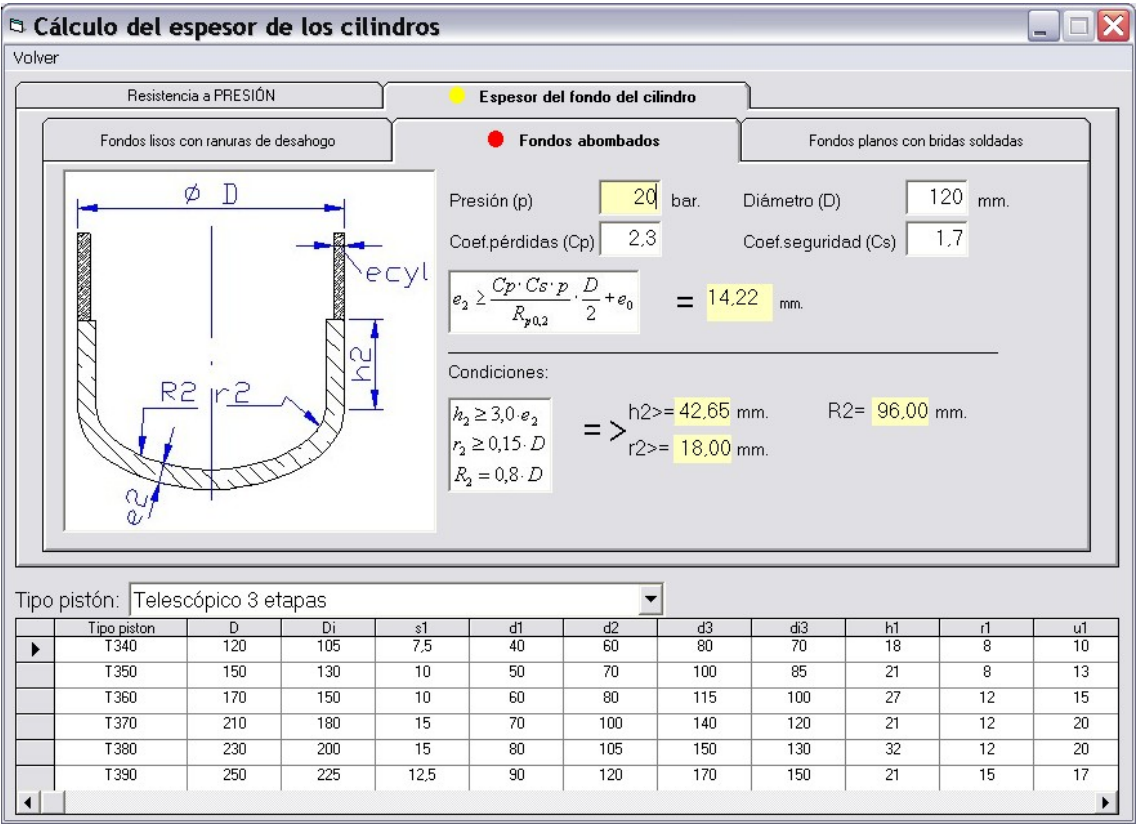


Ilustración 32: Cálculo de espesores en cilindros.

El programa nos ofrece los tres tipos de construcciones para los fondos de los cilindros y de los que ya se habló en la sección correspondiente dedicada a la normativa. Se puede seleccionar el tipo de pistón de la tabla inferior o introducir manualmente el diámetro exterior de un cilindro cualquiera para verificar los criterios de validez. El cumplimiento o no de estos criterios puede observarse mediante iconos que acompañan a cada uno de estos criterios; la flecha verde con forma de V indica que el criterio está cumplido, una X indica justamente lo contrario. Hay que hacer notar que la normativa impone que se cumplan TODOS los criterios de validez, por lo cual, si no falla, habrá que alterar su diseño constructivo o modificar las variables que influyen en estos criterios, y que son todas aquellas que se muestran en la parte superior de la pantalla, como son la presión, el coeficiente de pérdidas (C_p) o el coeficiente de seguridad (C_s). Las fórmulas que se aplican en cada caso vienen reflejadas en ilustraciones de clara lectura para el usuario, de forma que éste puede verificar los cálculos manualmente.

OPCIÓN BOMBA.

Esta opción se activa después de realizar el cálculo de PANDEO de los pistones ya que se nutre de los cálculos de presión y caudal de la bomba realizados en aquella parte del programa; mientras tanto permanece inactiva y no puede ser seleccionada.

Al entrar a esta opción, el programa preselecciona automáticamente el tipo de pistón que haya resultado del cálculo de pandeo; no obstante, la selección del pistón es modificable si se quiere realizar el cálculo sin partir de los resultados anteriores.

Antes de calcular la potencia de la bomba es necesario hacer el cálculo previo de las posibles pérdidas de carga que puedan existir en las conducciones de aceite, en caso de querer hacer un cálculo más preciso. Si no se calculan, se corre el riesgo de seleccionar una bomba innecesariamente potente o por el contrario, falta de potencia.

Ilustración 33: Cálculo de pérdidas de carga y potencia de la bomba

La pantalla nos ofrece la posibilidad de elegir los tipos de conducciones más usadas en las instalaciones así como si son rígidas o flexibles y, por supuesto, su longitud. También se contempla la posibilidad del uso de codos en estas conducciones, los cuales provocan pérdidas de carga que el programa también calcula. Una vez seleccionado el tipo de conducción que se desee se calculan las pérdidas de carga mediante el botón “CALCULAR PÉRDIDAS DE CARGA”. En caso de que no existan datos para la potencia existente en la instalación, el programa nos informa de ello; esto solamente quiere decir que no pueden usar los datos de tablas para el cálculo de la potencia de la central, y por eso el programa pasa automáticamente a la pantalla en donde se realiza el cálculo mediante formulación analítica. En caso de existir todos los datos en las tablas, se activa el botón “POTENCIA BOMBA” para poder acceder al cálculo de la potencia mediante tablas; además se nos muestra el valor de las pérdidas de

carga existentes con los tipos de conducciones seleccionados y una leyenda situada a continuación de este valor que muestra visualmente si las pérdidas de carga son superiores o inferiores a 7 bar. Hay que hacer notar que tanto un método de cálculo como el otro utilizan la misma pantalla de datos, y sólo difiere el criterio de cálculo escogido. Ambos métodos son válidos y los resultados no difieren demasiado. La pantalla para el cálculo de la potencia se muestra a continuación:

Cálculo de la central de presión

Volver

Diám.interior de la camisa (Di) mm.

Rendimiento volumétrico (%)

Rendimiento instalación (%)

Caudal bomba (q) l/min

Potencia central (P) kW.

Datos para el cálculo

Carga nominal -> 480 kg.
 Recorrido útil de la cabina -> 700 cm.
 Recorrido total del pistón -> 702,6 cm.
 Velocidad solicitada -> 0,6 m/s.
 Frecuencia 50 Hz - motor trifásico 2 polos
 Presión estática a plena carga (pstat) -> 47,18 bar
 Presión estática con cabina vacía (pv) -> 23,19 bar

$$v = \frac{r \cdot q \cdot \eta}{n \cdot \pi \cdot 6 \cdot \frac{D_i^2}{4}}$$

Tipo pistón:

	Tipo pistón	D	Di	s1	d1	d2	d2
	T240	80,5	70	5	40	60	50
▶	T250	100	85	7,5	50	70	60
	T260	115	100	7,5	60	80	70
	T270	140	120	10	70	100	85
	T280	150	130	10	80	105	90
	T290	170	150	10	90	120	100

Central

Volver

Ilustración 34: Cálculo de la potencia de la bomba.

En la parte intermedia de esta pantalla se nos muestra la fórmula analítica que se usa para el cálculo de la central, mientras en la parte superior encontramos las variables que intervienen en dicha fórmula. Sus valores son modificables; el valor del diámetro puede introducirse manualmente o mediante la tabla de pistones que se encuentra en la parte inferior de la pantalla; al

seleccionar cualquier pistón, se introduce automáticamente el valor correspondiente en la casilla del diámetro, diferenciando si el pistón es simple o telescópico. Como en casi todas las pantallas dedicadas al cálculo, se muestra un cuadro de ayuda donde se ofrecen los datos más significativos de la instalación.

Una vez introducidos todos los campos necesarios, el botón “CENTRAL” nos da la información de la potencia necesaria de la bomba y su caudal.

OPCIÓN PERFILES.

Mediante esta opción se nos permite ver y modificar los datos constructivos de los perfiles que usa el programa para los cálculos así como agregar o borrar perfiles que estén en el programa o que hayamos agregado nosotros mismos.

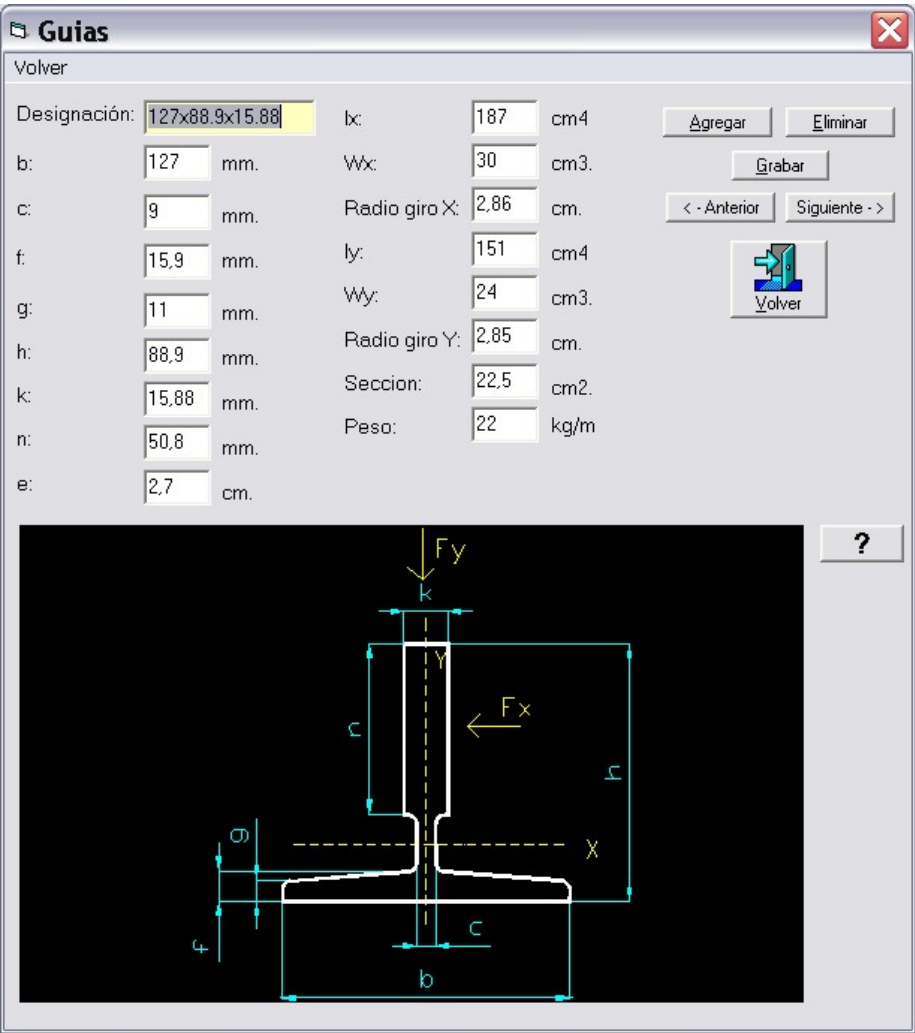


Ilustración 35: Pantalla de datos de perfiles.

El botón de interrogación situado en la parte inferior nos proporciona una ayuda sobre las distintas variables que se utilizan para definir el perfil. El resto de botones nos permiten movernos por los distintos perfiles disponibles y agregar o eliminar un perfil determinado.

OPCIÓN PISTONES.

En esta opción podemos visualizar y cambiar los datos de los pistones que se encuentran en la base de datos así como dar de alta nuevos pistones. No obstante, allí donde se requiere el uso de tablas para realizar ciertos cálculos, el programa dará un error si se introducen pistones nuevos ya que no estarán contemplados en dichas tablas; sin embargo, la adición de pistones es una opción adicional sólo utilizable en casos excepcionales ya que la base de datos de cilindros cubre la mayor parte de las posibles configuraciones que se puedan presentar; además, las tablas de pistones son propias de los fabricantes y aquellos están sobradamente verificados. No se recomienda la modificación de los pistones existentes salvo para realizar comprobaciones en los cálculos, por el mismo motivo expuesto anteriormente.

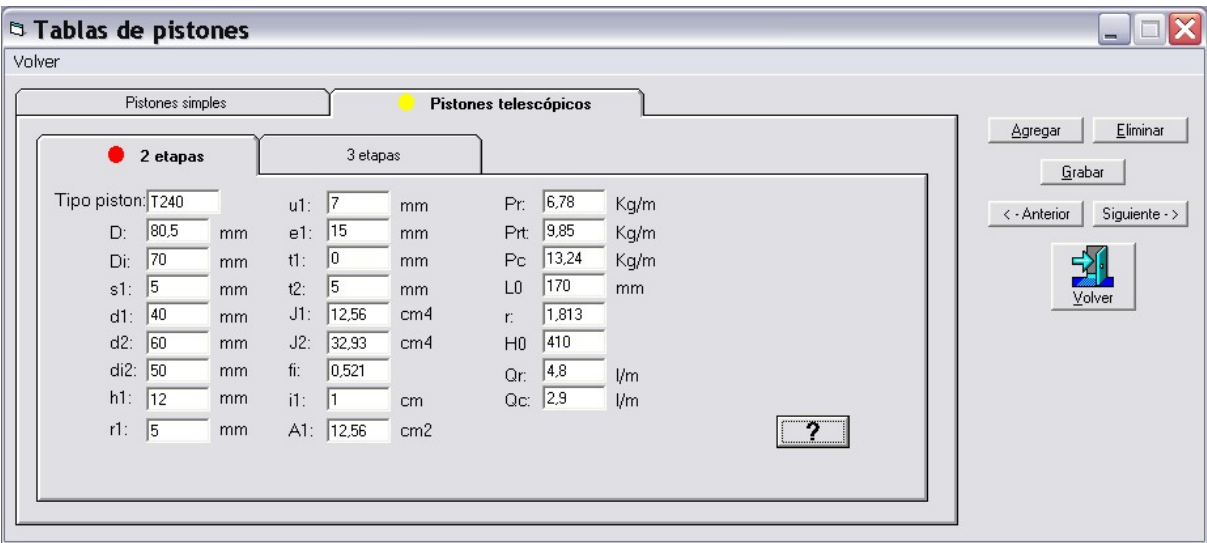
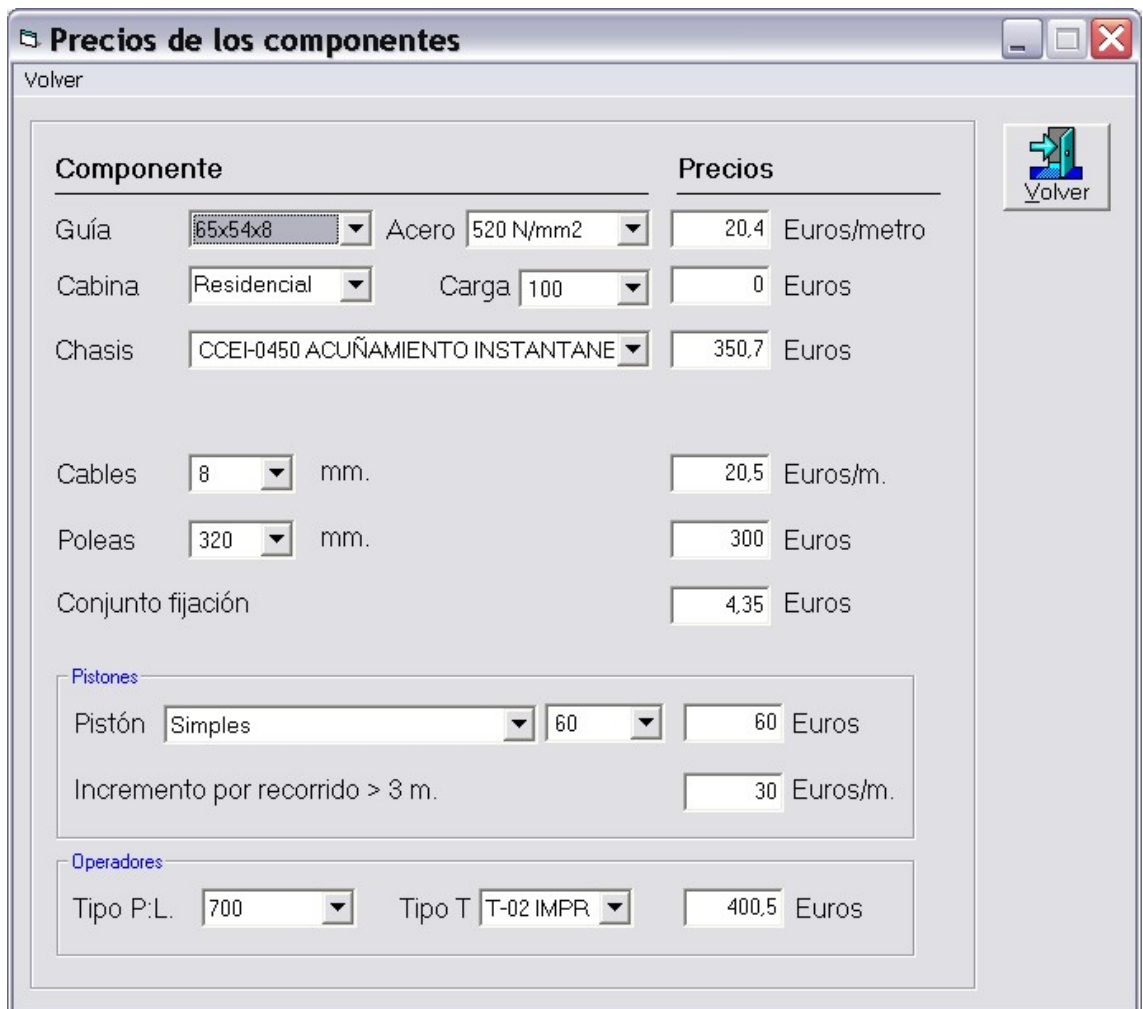


Ilustración 36: Pantalla de visualización/modificación de pistones.

El botón de interrogación nos muestra una leyenda con el significado de las variables.

OPCIÓN PRECIOS

Con el botón PRECIOS del menú principal accedemos a la valoración de los distintos componentes que intervienen en el cálculo de costes del ascensor. Desde aquí se pueden modificar los precios de todos ellos. Modificando las casillas correspondientes, los precios quedan automáticamente fijados y almacenados para su uso posterior.



Precios de los componentes

Volver

Componente	Precios
Guía <input type="text" value="65x54x8"/> Acero <input type="text" value="520 N/mm2"/>	<input type="text" value="20,4"/> Euros/metro
Cabina <input type="text" value="Residencial"/> Carga <input type="text" value="100"/>	<input type="text" value="0"/> Euros
Chasis <input type="text" value="CCEH-0450 ACUÑAMIENTO INSTANTANE"/>	<input type="text" value="350,7"/> Euros
Cables <input type="text" value="8"/> mm.	<input type="text" value="20,5"/> Euros/m.
Poleas <input type="text" value="320"/> mm.	<input type="text" value="300"/> Euros
Conjunto fijación	<input type="text" value="4,35"/> Euros
Pistones	
Pistón <input type="text" value="Simples"/> <input type="text" value="60"/>	<input type="text" value="60"/> Euros
Incremento por recorrido > 3 m.	<input type="text" value="30"/> Euros/m.
Operadores	
Tipo P:L. <input type="text" value="700"/> Tipo T <input type="text" value="T-02 IMPR"/>	<input type="text" value="400,5"/> Euros

Volver

Ilustración 37: Pantalla de precios para los componentes.

OPCIÓN CÁLCULO DEL BALANCE TÉRMICO DE LA INSTALACIÓN

En este apartado del programa se realiza un balance térmico básico de la instalación que consiste en averiguar el número de viajes (n) completos permitidos (subida y bajada) por hora. Las fórmulas de cálculo se emplean para unas condiciones medias de 30 °C para el cuarto de máquinas, pero se puede emplear el factor corrector R para temperaturas entre 20 y 40 °C. Las variables que influyen en el cálculo de –n- aparecen en pantalla y pueden ser modificadas. Si se ha abierto un archivo de datos de proyecto (*.dat), el dato del recorrido del ascensor se muestra por defecto para el cálculo, aunque también puede ser variado.

Balance térmico

Volver

Tipo de distribuidor de la central: 3010EN $n = \frac{(A1 + A2 + A3)}{(Q + P) \times (Lc + 3.5)} \times 23025 \times R$

N: 28 viajes completos

Lc: 7 m. Restablecer TA: 25 °C $R = 1 - (TA - 30) \times 0.02 = 1.1$

Coeficientes

Tipo de depósito

Tipo de depósito: ZERO A1=5.7

Tipo de pistón

☐ Simple

☒ Telescópicos 2 etapas T250 A2=2.36

☐ Telescópicos 3 etapas T340

Tipo de conducción

Diámetro de la conducción: 35 A3=1.65

Número de viajes permitidos: 26

Necesaria refrigeración adicional de: 44.48 W.

Volver

Ilustración 38: Balance térmico de la instalación

La variable N es el número de viajes completos que se solicitan para el ascensor en la realidad. Éste es un dato que ha de ser introducido manualmente en función de la utilización del ascensor; siempre habrá que tender a dar un cierto margen al valor de N ya que si N es mayor que n (que el número de viajes permitidos según las condiciones térmicas existentes), el cuarto de máquinas requerirá el uso de un sistema de refrigeración adicional, del cual es necesario calcular su potencia; su valor en Vatios es calculado y mostrado por el programa en caso de ser necesario.

OPCIONES DEL PROGRAMA

A esta opción se accede desde el menú principal de la aplicación y nos permite visualizar y modificar ciertos valores internos usados en el cálculo estructural como son el módulo de elasticidad o los pesos por metro cuadrado para la cabina, por ejemplo. Los valores que aparecen por defecto son los que aparecen en la norma pero pueden ser modificados para realizar cálculos más o menos restrictivos, o simplemente para obtener el resultado de las fórmulas para compararlos con otros valores para las variables de diseño.

Opciones de programa

Volver

Parámetros de cálculo Visualización

E N/mm² Peso cabina kg/m²

g m/s² Peso auxiliar kg.

Factores de impacto

k1

Con paracaídas progresivo

Con paracaídas instantáneo

Sin paracaídas

k2

k3

Flechas permitidas

Con actuación de paracaídas mm.

En uso normal mm.


 **Volver**

Ilustración 39: Opciones de programa.

ANEXO II

TABLAS DE DATOS



ANEXO II. TABLAS DE DATOS

En este anexo se encuentran disponibles todas las tablas de datos que usa el programa para realizar los cálculos así como las iteraciones sucesivas que permiten los cálculos automáticos.

II.1.Perfiles de guía tipo T

A continuación encontramos los datos técnicos de los perfiles más comúnmente utilizados en los ascensores hidráulicos.

Guías																	
Designacion	b	c	f	g	h	k	n	e	lx	Wx	Radio giro X	ly	Wy	Radio giro Y	Seccion	Peso	
127x88.9x15.88	127	9	15,9	11	88,9	15,88	50,8	2,7	187	30	2,86	151	24	2,85	22,5	22	
65x54x8	65	5	5,8	4	54	8	20	1,71	20,09	5,44	1,79	10,92	3,36	1,32	6,24	4,9	
70x65x9	70	6	8	6	65	9	34	2,06	40,78	9,18	2,1	18,56	5,3	1,41	9,51	7,47	
90x65x14	90	9,5	10	8	65	14	35	2,06	61,9	13,9	2,04	5,2	12,3	1,93	14,8	11,6	
90x75x16	90	9	10	8	75	16	42	2,61	101,2	20,8	2,44	56,3	12,5	1,82	17	13,3	

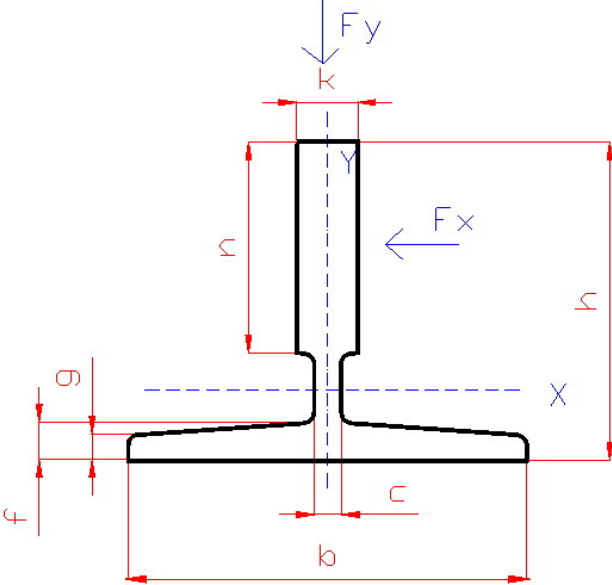


Ilustración 40: Perfil de guía tipo T

II.2.Datos de superficies útiles de cabina

Aquí se muestran las superficies interiores que deben tener las cabinas del ascensor según su carga útil (definida por el número de personas que caben en el ascensor) y el tipo de uso del ascensor: residencial o industrial.

Carga nominal (kg.)	Superficie util maxima (m ²)
100	0,37
180	0,58
225	0,7
300	0,9
375	1,1
400	1,17
450	1,3
525	1,45
600	1,6
630	1,66
675	1,75
750	1,9
800	2
825	2,05
900	2,2
975	2,35
1000	2,4
1050	2,5
1125	2,65
1200	2,8
1250	2,9
1275	2,95
1350	3,1
1425	3,25
1500	3,4
1600	3,56
2000	4,2
2500	5

Cabina residencial

Carga nominal (kg.)	Superficie util maxima (m ²)
400	1,68
450	1,84
525	2,08
600	2,32
630	2,42
675	2,56
750	2,8
800	2,96
825	3,04
900	3,28
975	3,52
1000	3,6
1050	3,72
1125	3,9
1200	4,08
1250	4,2
1275	4,26
1350	4,44
1425	4,62
1500	4,8
1600	5,04

Cabina industrial

II.3. Tabla omega para acero de resistencia 370 N/mm²

En esta tabla se muestran los datos del acero de resistencia 370 N/mm² para realizar el cálculo estructural de las guías según el método omega.

Omega370										
λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05	1,06	1,06	1,07	1,07	1,08
30	1,08	1,09	1,09	1,1	1,1	1,11	1,11	1,12	1,13	1,13
40	1,14	1,14	1,15	1,16	1,16	1,17	1,18	1,19	1,19	1,2
50	1,21	1,22	1,23	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27	1,28	1,29
60	1,3	1,31	1,32	1,33	1,34	1,35	1,36	1,37	1,39	1,4
70	1,41	1,42	1,44	1,45	1,46	1,48	1,49	1,5	1,52	1,53
80	1,55	1,56	1,58	1,59	1,61	1,62	1,64	1,66	1,68	1,69
90	1,71	1,73	1,74	1,76	1,78	1,8	1,82	1,84	1,86	188
100	1,9	1,92	1,94	1,96	1,98	2	2,02	2,05	2,07	2,09
110	2,11	2,14	2,16	2,18	2,21	223	2,27	2,31	2,35	2,39
120	2,43	2,47	2,51	2,55	2,6	2,64	2,68	2,72	2,77	2,81
130	2,85	2,9	2,94	2,99	3,03	3,08	3,12	3,17	3,22	3,26
140	3,31	3,36	3,45	3,41	3,5	3,55	3,6	3,65	3,7	3,75
150	3,8	3,85	3,9	3,95	4	4,06	4,11	4,16	4,22	4,27
160	4,32	4,38	4,43	4,49	4,54	4,6	4,65	4,71	4,77	4,82
170	4,88	4,94	5	5,05	5,11	5,17	5,23	5,29	5,35	5,41
180	5,47	5,53	5,59	5,66	5,72	5,78	5,84	5,91	5,97	6,03
190	6,1	6,16	6,23	6,29	6,36	6,42	6,49	6,55	6,62	6,69
200	6,75	6,82	6,89	6,96	7,03	7,1	7,17	7,24	7,31	7,38
210	7,45	7,52	7,59	7,66	7,73	7,81	7,88	7,95	8,03	8,1
220	8,17	8,25	8,32	8,4	8,47	8,55	8,63	8,7	8,78	886
230	8,93	9,01	9,09	9,17	9,25	9,33	9,41	9,49	9,57	9,65
240	9,73	9,81	9,89	9,97	10,05	10,14	10,22	10,3	10,39	10,47

II.4. Tabla omega para acero de resistencia 520 N/mm²

En esta tabla se muestran los datos del acero de resistencia 520 N/mm² para realizar el cálculo estructural de las guías según el método omega.

Omega520										
λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	1,06	1,06	1,07	1,07	1,08	1,08	1,09	1,09	1,1	1,11
30	1,11	1,12	1,12	1,13	1,15	1,16	1,16	1,17	1,17	1,18
40	1,19	1,19	1,2	1,21	1,22	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27
50	1,28	1,3	1,31	1,32	1,33	1,35	1,36	1,37	1,39	1,4
60	1,41	1,43	1,44	1,46	1,48	1,49	1,51	1,53	1,54	1,56
70	1,58	1,6	1,62	1,64	1,66	1,68	1,7	1,72	1,74	1,77
80	1,79	1,81	1,83	1,86	1,88	1,91	1,93	1,95	1,98	2,01
90	2,05	2,1	2,1	2,19	2,24	2,29	2,33	2,38	2,43	2,48
100	2,53	2,58	2,64	2,69	2,74	2,79	2,85	2,9	2,95	3,01
110	3,06	3,12	3,16	3,23	3,29	3,35	3,41	3,47	3,53	3,59
120	3,65	3,71	3,77	3,83	3,89	3,96	4,02	4,09	4,15	4,22
130	4,28	4,35	4,41	4,48	4,55	4,62	4,69	4,75	4,82	4,89
140	4,96	5,04	5,11	5,18	5,25	5,33	5,4	5,47	5,55	5,62
150	5,7	5,78	5,85	5,93	6,01	6,09	6,16	6,24	6,32	6,4
160	6,48	6,57	6,65	6,73	6,81	6,9	6,98	7,06	7,15	7,23
170	7,32	7,41	7,49	7,58	7,67	7,76	7,85	7,94	8,03	8,12
180	8,21	8,3	8,39	8,48	8,58	8,67	8,76	8,86	8,95	9,05
190	9,14	9,24	9,34	9,44	9,63	9,73	9,73	9,83	9,93	10,03
200	10,13	10,23	10,34	10,44	10,54	10,65	10,75	10,85	10,96	11,06
210	11,17	11,28	11,38	11,49	11,6	11,71	11,82	11,93	12,04	12,15
220	12,26	12,37	12,48	12,6	12,71	12,82	12,94	13,05	13,17	13,28
230	13,4	13,52	13,63	13,75	13,87	13,99	14,11	14,23	14,35	14,47
240	14,59	14,71	14,83	14,96	15,08	15,2	15,33	15,45	15,58	15,71
250	15,83									

II.5. Cables de acero de suspensión (sólo pistones simples)

Aquí se presentan los datos fundamentales de los cables de acero utilizados para la suspensión de la cabina y del contrapeso. Las tres últimas columnas muestran la carga de rotura en kg., siendo la específica del acero la del valor del título de la columna correspondiente.

Diámetro (mm.)	Diámetro efectivo(mm).	Peso del cable (kg.)	140 kg/mm ²	160 kg/mm ²	180 kg/mm ²
8	8,5	0,248	3300	3800	4230
9	9,2	0,295	3950	4500	5000
10	10,8	0,346	4600	5300	5900
11	11,5	0,461	6100	7000	7870
13	13,1	592	7900	9000	10100

II.6.Tablas de poleas para cabezal.

En esta tabla encontramos los pesos de las poleas empleadas para los cabezales según su diámetro.

Diámetro (mm.)	Peso (kg.)
320	55
360	63
400	70
450	75
500	80

II.7.Tabla de pesos de los operadores

Como se comentó anteriormente, el operador es el elemento encargado del accionamiento de las puertas de la cabina. En esta tabla están almacenados los pesos de los operadores más usualmente utilizados, según sus dimensiones y el tipo de acabado: pintados en imprimación o de acero inoxidable.

Operadores										
Tipo_PL	T-02 IMPR	T-02 INOX	T-12 IMPR	T-12 INOX	T-32 IMPR	T-32 INOX	T-42 IMPR	T-42 INOX	T-62 IMPR	T-62 INOX
700	83	95	79	89	88	100	90	102		
800	88	101	84	96	92	106	104	118		
900	95	109	95	108	102	116	111	127		
1000	112	127	108	123	109	125	117	133	117	135
1100	114	131	110	126	114	131	121	139	126	146
1200	120	138	121	139	122	141	130	150	144	165
1300	140	159	136	154	125	145	133	154	148	171
1400	144	165	140	160	133	154	136	158	151	175
1500							147	171	174	199
1600							150	175	182	209
1700							153	180	187	215
1800							179	206	194	224
1900							231	259	246	277
2000							244	274	251	283
2100							247	278	255	289
2200							250	283	261	295
2300							252	286	274	310
2400							275	310	278	315
2500							278	314	282	320
2600							305	343	287	327
2700							308	347	299	340
2800							312	352	304	346

Todos los datos de esta tabla están expresados en kilogramos (kg.)

II.8.Pistones simples.

En esta tabla encontramos todos los datos relativos a los pistones simples. Estos datos se usan para los cálculos de sollicitaciones de pandeo.

d (mm.)	di (mm.)	Es (mm.)	A	F	J	i	q	Pgs	Dgrande (mm.)	Digrande (mm.)	ecyl (mm.)
60	50	5	28,27	8,64	32,94	1,95	6,77	7	101,6	94,4	3,6
70	55	7,5	38,48	14,73	72,94	2,23	11,56	9	114,3	106,3	4
70	60	5	38,48	10,21	54,24	2,3	8,01	9	114,3	106,3	4
80	56	12	50,27	25,63	152,78	2,44	20,12	12	114,3	106,3	4
80	65	7,5	50,27	17,8	113,43	2,57	13,41	12	114,3	106,3	4
80	70	5	50,27	11,78	83,2	2,65	9,25	12	114,3	106,3	4
90	66	12	63,62	29,4	228,92	2,79	23,08	16	133	124	4,5
90	75	7,5	63,62	19,43	166,74	2,92	15,25	16	133	124	4,5
90	80	5	63,62	13,35	121	3,01	10,48	16	133	124	4,5
100	76	12	78,54	33,17	327,1	3,14	26,04	20	139,7	130,7	4,5
100	85	7,5	78,54	21,79	234,63	3,28	17,11	20	139,7	130,7	4,5
100	90	5	78,54	14,92	168,81	3,36	11,71	20	139,7	130,7	4,5
110	86	12	95,03	36,94	450,17	3,49	28,98	25	159	149	5
110	95	7,5	95,03	24,15	318,86	3,63	18,96	25	159	149	5
110	100	5	95,03	16,49	227,81	3,71	12,94	25	159	149	5
120	96	12	113,1	40,71	600,95	3,84	31,96	32	159	149	5
120	105	7,5	113,1	26,5	421,21	3,98	20,8	32	159	149	5
120	110	5	113,1	18,06	299,18	4,07	14,18	32	159	149	5
130	106	12	132,73	44,48	782,26	4,19	34,92	41	177,8	166,6	5,6
130	115	7,5	132,73	28,86	543,44	4,33	22,65	41	177,8	166,6	5,6
130	120	5	132,73	19,63	384,1	4,42	15,4	41	177,8	166,6	5,6
150	130	10	176,71	43,98	1083,06	4,96	34,52	55	193,7	181,9	5,9
150	138	6	176,71	27,14	704,77	5,09	21,3	55	193,7	181,9	5,9
180	160	10	254,47	53,4	1936	6,02	41,92	100	244,5	228,5	8
200	180	10	314,16	59,69	2700,98	6,72	44,5	110	273	253	10
238	210	14	444,88	98,52	6203,33	7,93	77,34	150	323,9	298,9	12,5

CONTINUACIÓN PISTONES SIMPLES

d (mm.)	r1	e1	u1	Pgc	Qc	Qr	Vcyl	h1
60	6	20	5	3,5	2,8	4,2	7	12
70	6	20	5,5	4,5	3,8	5	8,87	12
70	6	20	5,5	4,5	3,8	5	8,87	12
80	6	20	5,5	4,5	5	3,8	8,87	12
80	6	20	5,5	4,5	5	3,8	8,87	12
80	6	20	5,5	4,5	5	3,8	8,87	12
90	6	20	6,5	5	6,4	5,7	12,08	12
90	6	20	6,5	5	6,4	5,7	12,08	12
90	6	20	6,5	5	6,4	5,7	12,08	12
100	6	20	6,5	5,3	7,9	5,6	13,42	12
100	6	20	6,5	5,3	7,9	5,6	13,42	12
100	6	20	6,5	5,3	7,9	5,6	13,42	12
110	6	25	7,5	7	9,5	7,9	17,44	14
110	6	25	7,5	7	9,5	7,9	17,44	14
110	6	25	7,5	7	9,5	7,9	17,44	14
120	6	25	7,5	7	11,3	6,1	17,44	14
120	6	25	7,5	7	11,3	6,1	17,44	14
120	6	25	7,5	7	11,3	6,1	17,44	14
130	6	25	8	8,3	13,3	8,5	21,8	17
130	6	25	8	8,3	13,3	8,5	21,8	17
130	6	25	8	8,3	13,3	8,5	21,8	17
150	6	25	8,5	8,6	17,7	8,3	25,99	23
150	6	25	8,5	8,6	17,7	8,3	25,99	23
180	10	40	12	15,5	25,4	14,1	41,01	27
200	10	40	15	15	31,4	18,9	50,27	32
238	12	40	17	49,8	44,5	25,7	70,17	40

II.9.Pistones telescópicos 2 etapas

Aquí se presentan los datos necesarios para pistones telescópicos de 2 etapas, también necesarios para el cálculo del pandeo de éstos.

Tipo piston	D (mm.)	Di (mm.)	s1	d1	d2	di2	h1	r1	u1	e1	t1	t2
T240	80,5	70	5	40	60	50	12	5	7	15	0	5
T250	100	85	7,5	50	70	60	18	8	10	22	0	5
T260	115	100	7,5	60	80	70	18	8	10	22	0	5
T270	140	120	10	70	100	85	21	8	13	26	0	7,5
T280	150	130	10	80	105	90	21	8	13	26	0	7,5
T290	170	150	10	90	120	100	27	8	12	32	0	10

MÁS DATOS:

Tipo piston	J1	J2	fi	i1	A1	Pr	Prt	Pc	L0	r	H0	Qr	Qc
T240	12,56	32,93	0,521	1	12,56	6,78	9,85	13,24	170	1,813	410	4,8	2,9
T250	30,64	54,24	0,689	1,24	19,63	8,01	15,41	19,42	170	1,93	455	7,4	4,4
T260	63,61	83,2	0,842	1,5	27,27	9,24	22,19	26,81	170	2	466	9,7	5,9
T270	117,85	234,63	0,635	1,75	38,48	17,1	30,21	38,76	182	1,898	502	13,7	8,5
T280	201,06	274,59	0,819	2	50,26	18,03	39,45	48,47	182	1,918	516	17,2	10,5
T290	322,06	527	0,727	2,25	63,61	27,13	49,93	63,5	182	2	532	21,7	13,3

II.10.Pistones telescópicos 3 etapas

Igual que en el caso anterior, encontramos aquí los datos necesarios para pistones telescópicos de 3 etapas.

Tipo piston	D	Di	s1	d1	d2	d3	di3	h1	r1	u1	e1	t1	t2
T340	120	105	7,5	40	60	80	70	18	8	10	22	0	5
T350	150	130	10	50	70	100	85	21	8	13	26	0	5
T360	170	150	10	60	80	115	100	27	12	15	32	0	5
T370	210	180	15	70	100	140	120	21	12	20	27	0	7,5
T380	230	200	15	80	105	150	130	32	12	20	37	0	7,5
T390	250	225	12,5	90	120	170	150	21	15	17	37	0	10

MÁS DATOS:

Tipo piston	t3	J1	J2	fi	i1	A1	Pr	Prt	Pc	L0	L20	r	H0	Qc	Qr
T340	5	12,56	32,93	0,726	1	12,56	9,25	8,32	17,46	290	120	2,712	581	4,8	2,9
T350	7,5	30,67	54,24	0,838	1,24	19,63	17,11	11,71	26,45	295	120	2,843	607	7,4	4,4
T360	7,5	63,61	83,2	0,918	1,5	28,27	19,88	15,72	34,98	300	120	2,855	636	9,7	5,9
T370	10	117,385	234,63	0,81	1,75	38,48	32,06	23,66	52,3	320	132	2,69	667	13,7	8,5
T380	10	201,06	274,59	0,905	2	50,26	34,53	28,75	62,98	320	132	2,985	684	17,2	10,5
T390	10	332,06	527	0,865	2,25	63,61	39,46	38,53	81,17	320	132	2,93	699	21,7	13,3

